Research Article

Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research

DOI: 10.22092/ijmapr.2026.370505.3568

Vol. 42, No. 2, Page 223-246 (2026)

Phytochemical Diversity of Seed Essential Oil of *Vitex pseudo-negundo* in Some Habitats of Iran

Issa Hakimi Nia[1], Mohammad Mahmoudi Soursatani*[2] and Gholamreza Abdi[3]

1. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2*. Corresponding Author, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, E-mail: m.mahmoodi@scu.ac.ir
3. Department of Biotechnology, Persian Gulf Research Institute, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

Received: 25/08/2025 Revised: 14/07/2026 Accepted: 22/07/2026

Abstract

Background and objective: *Vitex pseudo-negundo*, a member of the Lamiaceae family, is valued in traditional medicine for its therapeutic properties and has been used to treat inflammation, pain, and hormonal disorders. Its essential oil contains bioactive compounds such as α-pinene and limonene, which may contribute to its medicinal properties. To investigate the variation in essential oil yield and composition of this valuable plant, 50 populations were collected from natural habitats across 12 provinces of Iran and analyzed.

Methodology: In this study, 50 seed samples of *Vitex pseudo-negundo* were collected from diverse geographical regions across Iran. The seeds were thoroughly cleaned and dried under shade at ambient temperature (approximately 25–30 °C) for two weeks to preserve their volatile constituents. Essential oils were extracted by hydrodistillation using a Clevenger-type apparatus. For each extraction, 170 g of dried seed powder was placed in a round-bottom flask and mixed with 500 mL of distilled water. The essential oil-containing vapor was condensed and collected in the graduated apparatus tube. The extracted oil was separated from the aqueous phase, dried over anhydrous sodium sulfate to remove residual moisture, and stored in sealed, dark-colored vials at 4 °C until further analysis. Essential oil yield was calculated based on the dry weight of the seeds. For chemical characterization, the essential oil samples were analyzed by gas chromatography–mass spectrometry (GC/MS) using an Agilent 7890A system equipped with an HP-5MS capillary column. Helium was used as a carrier gas at a constant flow rate. Individual compounds were identified by comparing their mass spectra with those in the Wiley and Adams libraries and by calculating and comparing their retention indices with those of a series of *n*-alkane standards. This approach enabled the identification and characterization of the major and minor volatile constituents in each population.

Results: Essential oil yield varied among the studied populations according to geographical origin, ranging from 0.29% to 0.59%. The highest essential oil yield (0.59%) was recorded in populations from Zarful, Dasht-e Mook, Tang-e Pirzal, and Simareh, whereas the lowest yield (0.29%) was recorded in 13 regions, including Tang-e Abolhayat, Karend, Sardasht, Farashband, Masjed Soleyman, Zeydun, Zeydun Behbahan, Pol-e Keshkan, Shush, Sheykhan, Gachgaran, Bouger, and Sorkheh Dizeh. Analysis of the essential oil composition of *V. pseudo-negundo* seeds identified eight major compounds, with considerable variation in their relative abundances among populations. These compounds included α-pinene (11.2–28.6%), limonene (4.6–17.6%), terpinyl

Copyright: © 2026 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijmapr.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

acetate (1.2–13.2%), α-eudesmol acetate (4.4–10.6%), trans-caryophyllene (2.1–12.6%), β-eudesmol (1.1–8.2%), geranyl linalool (2.4–6.6%), and verbenene (1.5–4.7%). Overall, α-pinene and limonene were the predominant compounds across all populations. In addition, α-eudesmol acetate was consistently detected in most populations at relatively stable concentrations (5–10%). The highest concentrations of this compound were recorded in Pol-e Dokhtar (10.6%) and Lashkar Bolouki (10.2%), whereas the lowest concentration was recorded in Karend toward Sar Pol-e Zahab (4.4%). Trans-caryophyllene was also detected in most samples, with the highest (12.6%) and lowest (2.1%) concentrations recorded in Ghaemiyeh and Kashkoo Village, respectively. Cluster and biplot analyses based on essential oil yield and composition classified the *V. pseudo-negundo* habitats into five main groups.

Conclusion: The results indicate that both essential oil yield and chemical composition vary among populations and may be influenced by genetic origin, climatic conditions, and other environmental characteristics. Given the relatively high proportion of α-pinene in the essential oil of *V. pseudo-negundo*, this species may have considerable potential for pharmaceutical, food, and cosmetic applications.

Keywords: *Vitex pseudo-negundo*, α-pinene, essential oil, limonene, monoterpene.

تنوع فیتوشیمیایی اسانس بذر گیاه پنج‌انگشت (*Vitex pseudo-negundo* (Hausskn.) Hand-Mzt) در برخی از رویشگاه‌های ایران

عیسی حکیمی‌نیا[۱]، محمد محمودی سورستانی[۲*] و غلامرضا عبدی[۳]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، پست‌الکترونیک: m.mahmoodi@scu.ac.ir

۳- استادیار، گروه زیست‌فناوری، پژوهشکده خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۳ تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۵/۰۴/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۳۱

چکیده

سابقه و هدف: گیاه پنج‌انگشت از خانواده نعناعیان، به دلیل خواص دارویی در طب سنتی ارزشمند است. این گیاه در درمان التهاب، درد و اختلالات هورمونی کاربرد دارد. اسانس آن حاوی ترکیبات فعالی مانند آلفا–پینن و لیمونن است که نقش مهمی در اثرهای درمانی آن ایفا می‌کنند. به منظور بررسی تنوع عملکرد و ترکیبات اسانس این گیاه ارزشمند، تعداد ۵۰ جمعیت از رویشگاه‌های طبیعی واقع در ۱۲ استان کشور جمع‌آوری و بررسی شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، ۵۰ نمونه بذر از گیاه پنج انگشت مناطق مختلف جغرافیایی ایران جمع‌آوری گردید. بذرها پس از پاکسازی، به مدت دو هفته در سایه و در دمای محیط (حدود ۲۵–۳۰ درجه سانتی‌گراد) خشک شدند تا ترکیبات فرار آنها حفظ گردد. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر انجام شد. در هر مرحله استخراج، ۱۷۰ گرم پودر بذر خشک در یک بالن ریخته شده و با ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط گردید. مخلوط به تدریج حرارت داده شد و به مدت سه ساعت در حالت جوش ملایم نگهداری گردید. اسانس استخراج شده از آب جدا شد، با سولفات سدیم بی‌آب خشک گردید تا رطوبت باقیمانده حذف شود و تا زمان تجزیه در ویال‌های تیره در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بازده اسانس براساس وزن خشک بذرها محاسبه گردید. برای شناسایی ترکیبات شیمیایی، نمونه‌های اسانس با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) مدل Agilent 7890A مجهز به ستون (HP-5-MS) مورد تحلیل قرار گرفتند. هلیوم به عنوان گاز حامل با جریان ثابت استفاده شد. شناسایی ترکیبات با مقایسه طیف‌های جرمی با کتابخانه‌های Wiley و Adams و محاسبه و تطابق شاخص‌های بازداری نسبت به سری استانداردهای n–آلکان انجام گردید. این رویکرد جامع، امکان تعیین دقیق ترکیبات اصلی و فرعی موجود در هر جمعیت را فراهم کرد.

نتایج: نتایج نشان داد که بازده اسانس در جمعیت‌های مورد مطالعه، با توجه به منطقه جغرافیایی، متغیر بوده و بین ۰/۲۹٪ تا ۰/۵۹٪ در نوسان بود. بیشترین بازده اسانس، معادل ۰/۵۹٪ در جمعیت‌های مربوط به مناطق دزفول، دشت موک، تنگ پیرزال و سیمره مشاهده شد. در مقابل، کمترین بازده اسانس (۰/۲۹٪) در ۱۳ منطقه مختلف ازجمله تنگ ابوالحیات، کرند، سردشت، فراشبند، مسجدسلیمان، زیدون، زیدون بهبهان، پل کشکان، شوش، شیخان، گچگران، بوگر و سرخه دیزه وجود داشت. در بررسی ترکیبات اسانس بذر گیاه، هشت ترکیب عمده شناسایی شد که فراوانی آنها در بین جمعیت‌های مختلف متغیر بود. این ترکیبات شامل آلفا–پینن (۲۸/۶٪–۱۱/۲٪)، لیمونن (۱۷/۶٪–۴/۶٪)، ترپینیل استات (۱۳/۲٪–۱/۲٪)، آلفا–اودسمول استات (۱۰/۶٪–۴/۴٪)، ترانس–کاریوفیلن (۶/۱٪–۲/۱٪)، بتا–اودسمول (۸/۲٪–۱/۱٪)، ژرانیل لینالول (۶/۶٪–۲/۴٪) و وربنن (۴/۷٪–۱/۵٪) بودند. در کل آلفا–پینن و لیمونن به عنوان ترکیبات اصلی در تمام جمعیت‌ها یافت شدند. علاوه بر این، ترکیب آلفا–اودسمول استات نیز در اغلب مناطق به صورت پایدار و با درصدی بین ۵ تا ۱۰ درصد وجود داشت. بیشترین میزان این ترکیب در مناطق پل‌دختر (۱۰/۶٪) و لشکر بلوکی (۱۰/۲٪) و کمترین آن در منطقه کرند به سرپل ذهاب (۴/۴٪) وجود داشت. ترانس–کاریوفیلن نیز در بیشتر نمونه‌ها یافت شد و بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب در

منطقه قائمیه با ۱۲/۶٪ و منطقه روستای کشکو ۲/۱٪ گزارش گردید. نتایج تجزیه خوشه‌ای و تجزیه بای‌پلات گیاه پنج‌انگشت براساس کمیت و کیفیت اسانس، رویشگاه‌های مورد مطالعه را در پنج گروه قرار داد.
نتیجه‌گیری: براساس نتایج، مشخص شد که بازده اسانس و تنوع ترکیبات آن تحت تأثیر عوامل مختلفی ازجمله منشأ ژنتیکی، شرایط اقلیمی و ویژگی‌های محیطی قرار دارد. با توجه به درصد بالای آلفا-پینن در ترکیب اسانس این گیاه، استفاده از آن در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی-بهداشتی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بازده اسانس، مونوترپن، آلفا-پینن، لیمونن، اسانس.

مقدمه

با توجه به نقش مهم گیاهان دارویی در سلامت انسان و افزایش روزافزون مصرف آنها در جهان، توسعه کشت و تولید این گیاهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Govil & singh, 2010). گیاه دارویی پنج انگشت، با نام‌های رایج مانند درخت پاکدامن، فلفل راهب و دل‌آشوب متعلق به خانواده Lamiaceaeاست. بررسی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی نشان‌دهنده حضور چهار گونه از این جنس در فلور ایران، شامل (*V. agnus-castus*)، (*V. negundo*)، (*V. trifolia*) و (*V. pseudo-negundo*) است. در میان این گونه‌ها، بیشترین تنوع آناتومیکی و مورفولوژیکی در گونه (*V. pseudo-negundo*) مشاهده شده است (Niroumand *et al*., 2018).

جنس Vitex تقریباً شامل ۲۷۰ گونه از درختان و درختچه‌هاست که به‌طور گسترده‌ای در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری پراکنده‌اند. این گیاه بومی منطقه مدیترانه بوده و در بخش‌هایی از اروپا، آسیا (شرق و جنوب‌شرق) و شمال آفریقا می‌روید. در ایران نیز در نواحی جنوبی، جنوب‌غربی، غربی، شمال‌شرقی، شرقی و مرکزی مشاهده می‌شود و گونه‌های Vitex معمولاً در بستر رودخانه‌های خشک، فصلی و حاشیه رودخانه‌ها در کنار گیاهانی مانند خرزهره (*Nerium indicum*) و (*Tamarix spp*) رشد می‌کنند (Abbas azimi *et al*., 2008).

ترکیبات اصلی اسانس گونه نگوندو (*V. negundo*) شامل سابینن، کاریوفیلن، ویریدیفلورول، پارا-سیمن، ترپینن-۴-ال، کاریوفیلن اکسید، ۱،۸-سینئول، آلفا-ترپینیل‌استات، ترانس-بتا-المن، آلفا-پینن، آلفا-کوپائین، پی-سایمن، کامفن، آلفا-توجن، آلفا-هومولن، بتا-پینن، بی‌سیکلوژرماکرن و فیتول می‌باشد (Padalia *et al*., 2016). در برگ و میوه گونه سودو-نگوندو (*V. pseudo-negundo*)، ترکیبات عمده شامل آلفا-پینن، آلفا-ترپینیل‌استات، لیمونن و ترانس-کاریوفیلن گزارش شده است (Zareshahrabadi *et al*., 2023). تحلیل‌های فیتوشیمیایی نمونه‌های مختلف (*V. negundo*) در مناطق جغرافیایی گوناگون، وجود ترکیبات زیست‌فعال مانند ایریدوئیدها، گلیکوزیدهای ایریدوئید، لیگنآنها، فلاونوئیدها، گلیکوزیدهای فلاون، استرول‌ها، پلی‌فنول‌ها و ترپنوئیدها (شامل اسانس‌های دارای مونوترپن‌ها، سسکوئی‌ترپن‌ها، دی‌ترپن‌ها و تری‌ترپن‌ها) را تأیید می‌کند (Zheng *et al*., 2012؛ Padalia *et al*., 2016).

تمام بخش‌های گیاه ازجمله برگ، ریشه، میوه و بذر این گیاه در طب سنتی برای درمان طیف گسترده‌ای از اختلالات مورد استفاده قرار گرفته است (Padalia *et al*., 2016). در طب آیورودا و طب یونانی، از برگ و بذر آن برای کنترل درد، التهاب و بیماری‌های مختلف استفاده می‌شود (Meena *et al*., 2011). بذر این گیاه به عنوان چاشنی نیز کاربرد دارد و به‌دلیل خواص ضدالتهابی، ضد درد و آنتی‌اکسیدانی در طب بومی مورد توجه است (Zheng *et al*., 2012).

مطالعات جدیدتر نشان داده‌اند که اسانس‌های استخراج شده از گونه‌های مختلف *Vitex* حاوی مونوترپن‌ها و سسکوئی‌ترپن‌هایی هستند که می‌توانند فعالیت‌های زیستی مختلفی ازجمله خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی، ضدالتهابی، ضد قارچی، کنه‌کشی، ضد بیوفیلم، لاروکشی، سیتوتوکسیک و مهار آنزیم استیل کولین استراز داشته باشند (Kamal *et al*., 2022). همچنین این گیاه در پیشگیری و درمان بیماری‌های زنان مانند قاعدگی نامنظم، یائسگی،

اختلالات پستان و ناباروری مؤثر گزارش شده است (Zaki & Salleh, 2020). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد اسانس این گیاه سرشار از ترکیبات زیست‌فعال با خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد قارچی است که می‌توان از آن به‌عنوان نگهدارنده طبیعی برای افزایش عمر انباری محصولات کشاورزی استفاده نمود (Rahmati & Behbahani, 2021).

متابولیت‌های ثانویه اساساً تحت کنترل ژنتیکی تولید می‌شوند، اما شرایط محیطی تأثیر چشمگیری بر کمیت و کیفیت آنها دارد و می‌تواند رشد گیاه، میزان و کیفیت مواد مؤثره را تحت تأثیر قرار دهد (Omidbeigi, 1995). شباهت‌های اقلیمی بین مناطق مختلف ممکن است منجر به اثرگذاری مشابه بر روند تکامل ترکیبات ثانویه در جمعیت‌های گیاهی شود. در مطالعه‌ای روی گونه سدو-نگوندو از منطقه لرستان، ۲۱ ترکیب شناسایی شد که ۹۳/۶ درصد کل اسانس را تشکیل می‌دادند. در حالی که در پژوهشی بر روی گونه نگوندو از منطقه پاریاب خراسان، ترکیبات عمده اسانس شامل ۸،۱-سینئول (۲۰/۸٪)، آلفا-پینن (۱۸/۸٪)، سابینن (۷/۶٪) و لیمونن (۶/۹٪) گزارش شدند (Abbas azimi *et al*., 2008). گزارش‌های متعدد نشان می‌دهند که عملکرد و کیفیت اسانس گیاهان دارویی به عواملی مانند گونه، اقلیم، نوع خاک و موقعیت جغرافیایی بستگی دارد (Gholamipourfard & Mahmoodi, 2024). عوامل فیزیکی مانند دما، فشار جو، سرعت باد، بارش، ارتفاع و ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه می‌توانند در رشد و تولید مواد مؤثره نقش داشته باشند (Haghighi *et al*., 2017). علاوه بر این، ترکیب شیمیایی اسانس‌ها به شدت با تغییرات جغرافیایی مرتبط است (Djouahri *et al*., 2015؛ Haghighi *et al*., 2017). تفاوت در ترکیبات شیمیایی گیاه در مناطق مرطوب، نیمه‌گرمسیری و نیمه‌خشک ایران نشان‌دهنده تأثیر آب و هوا بر نوع و میزان ترکیبات است (Safaei-Ghomi & Meshkatalsadat, 2010).

از آنجا که مواد مؤثره گیاهی تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و زیست‌محیطی تولید می‌شوند و ترکیب اسانس در اندام‌های مختلف گیاه ممکن است تفاوت داشته باشد، نمی‌توان بدون در نظر گرفتن شرایط رویشی، در مورد کیفیت اسانس گیاه اظهارنظر قطعی کرد. این ترکیبات به‌طور مستقیم با فرایندهای زیستی گیاه که تحت تأثیر اقلیم منطقه قرار دارند، در ارتباط هستند (Ghannadi *et al*., 2012). با توجه به گسترش رویش طبیعی گیاه پنج انگشت در ایران، نبود مطالعات جامع در استآنهای مختلف، تنوع اقلیمی بالا، ارزش دارویی گیاه، کاربرد آن در طب سنتی، پیچیدگی ترکیبات آن و نیز ضرورت شناسایی ژنوتیپ‌های برتر، انجام پژوهش‌های دقیق در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. بر این اساس، این مطالعه با هدف بررسی عملکرد و شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس بذرهای گیاه پنج انگشت در برخی رویشگاه‌های ایران طراحی و اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

در این پژوهش بذر ۵۰ جمعیت از ۱۲ استان کشور (خوزستان، فارس، کهگیلویه و بویراحمد، کرمانشاه، چهارمحال بختیاری، بوشهر، لرستان، همدان، هرمزگان، ایلام، قم و کردستان) مورد بررسی قرار گرفت. جمع‌آوری بذرهای رسیده از خرداد تا مردادماه سال ۱۴۰۳ با توجه به منطقه جغرافیایی و شرایط آب و هوایی مناطق مختلف انجام شد. موقعیت جغرافیایی (طول و عرض)، میانگین دمای سالانه، میانگین بارش سالیانه و ارتفاع از سطح دریا جمعیت‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. پس از جمع‌آوری، مواد گیاهی در شرایط مناسب (مکان سایه و در دمای اتاق) به مدت دو هفته خشک شدند. مواد گیاهی و نوع گونه توسط دکتر کهزاد سرطاوی (گیاه‌شناس و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر) شناسایی و تأیید گردید.

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی و آب و هوایی رویشگاه‌های مورد مطالعه گیاه پنج انگشت (***Vitex pseudo-negundo***)

Table 1. Geographical and climatic characteristics of the experimental *Vitex pseudo-negundo* habitats

No.	Locality	Longitude	Latitude	Temperature (°C)	Precipitation (mm)	Altitude (m)
1	Jam	52° 14′ 12.44″	27° 59′ 12.46″	23.93	244	695
2	Tang abolhayat	51° 40 56.747″	29° 47 5.866″	20.91	234	1082
3	Fooladi	46° 24 31.274″	34° 45 30.209″	13.65	649	1314
4	Brojen	51° 01 17.82″	31° 56 41.25″	11.36	274	2238
5	Zeadon daylam	50° 11 36.751″	30° 17 51.070″	24.48	288	228
6	Lashkarblooky	46° 03 2.357″	34° 23 56.146″	15.38	596	1182
7	Haftapeh	48° 20′ 2.414″	32° 14 26.323″	23.65	372	57
8	Yasuj	51° 10 55.597″	31° 04 44.646″	16.80	251	1591
9	Masan	50° 44 21.251″	31° 40 170.94″	19.78	290	1160
10	Babameadan	51° 29 50.416″	30° 17 33.547″	22.23	240	904
11	Javerdeh	50° 31 29.6″	31° 06 08.99″	20.58	306	1007
12	Kerand sarpozahab	46° 22 15.918″	34° 10 23.466″	13.90	550	1500
13	Dashtack	51° 30 51.750″	30° 20 28.412″	20.61	235	1140
14	Boogar	50° 43 59.338″	31° 40 16.724″	19.78	290	1246
15	Kamarej	51° 29 34.808″	29° 35 58.54″	22.96	248	852
16	Behbehan	50° 08 15.443″	30° 42 50″	24.60	327	346
17	Armand	50° 46 15.817″	31° 40 7.505″	20.02	282	1064
18	Sardasht	48° 42 48.924″	32° 29 18.746″	23.85	423	466
19	Roodkhaneh kerand	46° 22 9.79″	34° 10 40.772″	13.96	550	1100
20	Sorkheh dizeh	46° 02 52.194″	34° 24 48.965″	15.20	609	1347
21	Dakaky	51° 21′ 08.37″	29° 27′ 16.47″	24.49	247	184
22	Ramhormoz	49° 41 24.594″	31° 22 18.506″	25.07	345	149
23	Tangeram	51° 35′ 58. 594″	29° 05′ 29.317″	23.06	246	796
24	Dezfool	48° 30 11.85″	32° 28 35.67″	24.19	416	151
25	Farashband	52° 03 29.40″	28° 49 24.58″	23.49	234	800
26	Poldokhtar	47° 43 20167″	33° 08 41.916″	21.46	420	696
27	Masjedsolaiman	49° 17 13.82″	31° 57 52.49″	25.31	423	232
28	Malayer	48° 54 14.069″	34° 13 59.379″	12.24	290	1832
29	Asadabad	48° 30 53.307″	34° 47 53.955″	11.03	338	1821
30	Baraftab	50° 35 04.86″	30° 58 20.69″	23.13	305	752
31	Nehzatabad	50° 31 9.88″	30° 39 51.532″	22.49	301	764
32	Andika	49° 31 11.05″	32° 09′ 21.99″	22.81	403	652
33	Zaedoon	50° 13 08.28″	30° 18 26.63″	24.48	290	163
34	Khoramabad andimeshk	48° 08 51.093″	33° 10 54.259″	16.10	448	1481
35	Hagiabad	55° 54 18.565″	28° 18 34.965″	23.35	250	921
36	Pol kashkan	47° 52 54.788″	33° 35′ 17.878″	19.75	458	996
37	Baladeh	51° 57 34.25″	29° 17 19″	22.96	231	762
38	Ghaemiyeh	51° 38 47.113″	29° 48 52.462″	21.35	237	907
39	Tang pirazal	52° 47 14.517″	30° 49 18.853″	20.85	292	1276
40	Gachgaran	51° 32 58.670″	30° 03 36.612″	20.81	236	947
41	Kamyaran	46° 27 52.43″	35° 11 44.127″	10.84	656	1793
42	Dasht mook	52° 39 12.147″	29° 05 22.187″	16.06	233	1908
43	Gachsaran	50° 37 43.245″	28° 18 7.683″	23.73	286	760
44	Zaedon behbehan	50° 19 31.784″	30° 26 41.584″	24.62	308	325
45	AbarJ	52° 38 55.07″	30° 10 50.82″	16.38	177	1611
46	Shaykhan	50° 34 15.13″	30° 59 39.30″	22.43	311	742
47	Kashkoo	56° 52 3.568″	27° 29 53.734″	26.77	242	61
48	Seamareh	47° 24 46.06″	33° 11 23.18″	21.88	395	909
49	Jafariyeh	50° 17 49″	34° 43 10.85″	15.59	229	1013
50	Shoosh	48° 20 5.786″	31° 59 26.045″	24.20	337	46

استخراج اسانس

به‌منظور بهبود فرایند استخراج اسانس، نمونه‌های بذر خشک شده با استفاده از آسیاب پودر شدند. از هر نمونه، مقدار ۱۷۰ گرم به وسیله ترازوی دیجیتال دقیق (Sartorius) ساخت آلمان، با دقت ۰/۰۱ گرم وزن گردید. نمونه‌ها به بالن‌های تقطیر منتقل شده و با افزودن آب مقطر، حجم کل به ۱۲۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. فرایند اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب به کمک دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت برای

هر نمونه انجام شد. برای هر جمعیت، فرایند اسانس‌گیری در سه تکرار مجزا انجام گردید. پس از استخراج، اسانس‌ها از بخش آبی جدا شده و برای حذف رطوبت باقی‌مانده، با سولفات سدیم خشک آب‌گیری شدند. سپس اسانس‌های خشک‌شده در ویال‌های دربسته و تیره‌رنگ، تا زمان تجزیه به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنج جرمی (GC-MS)، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و در محیطی تاریک نگهداری شدند (Boveiri Dehsheikh *et al*., 2019). درصد بازده استخراج اسانس برای هر نمونه براساس رابطه زیر محاسبه گردید.

درصد بازده اسانس = (وزن اسانس / وزن خشک گیاه) × ۱۰۰ (Arianfar *et al*., 2017).

ترکیبات شیمیایی اسانس

شناسایی ترکیبات اسانس و درصد کمی ترکیبات بوسیله گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) انجام شد. ستون مورد استفاده (HP-5MS) ۵٪- فنیل-۹۵٪- متیل پلی سیلوکسان، طول ستون ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت بخش ثابت ۰/۲۵ میکرومتر بود (Agilent، سانتا کلارا، کالیفرنیا، ایالات متحده). گاز حامل هلیوم با ۱/۵ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. دمای انژکتور ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد، دمای آشکارساز ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و دمای ستون به نحوی بود که دمای ابتدایی آون ۴۰ درجه سانتی‌گراد و توقف در این دما به مدت یک دقیقه و دمای آون ۵ درجه در هر دقیقه افزایش یافت تا به دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید و بعد به مدت ۳ دقیقه در این دما باقی ماند. تزریق با نسبت تقسیم ۳۰:۱ انجام شد. اسکن (۱ اسکن در ثانیه)، ناحیه جرمی در محدوده ۵۰ تا ۵۰۰، انرژی یونیزاسیون معادل ۷۰ الکترون ولت بوده است. شناسایی ترکیبات شیمیایی براساس زمان نگهداری آنها و داده‌های کتابخانه وایلی و آدامز انجام شد (Boveiri Dehsheikh *et al*., 2019؛ Adams, 2017).

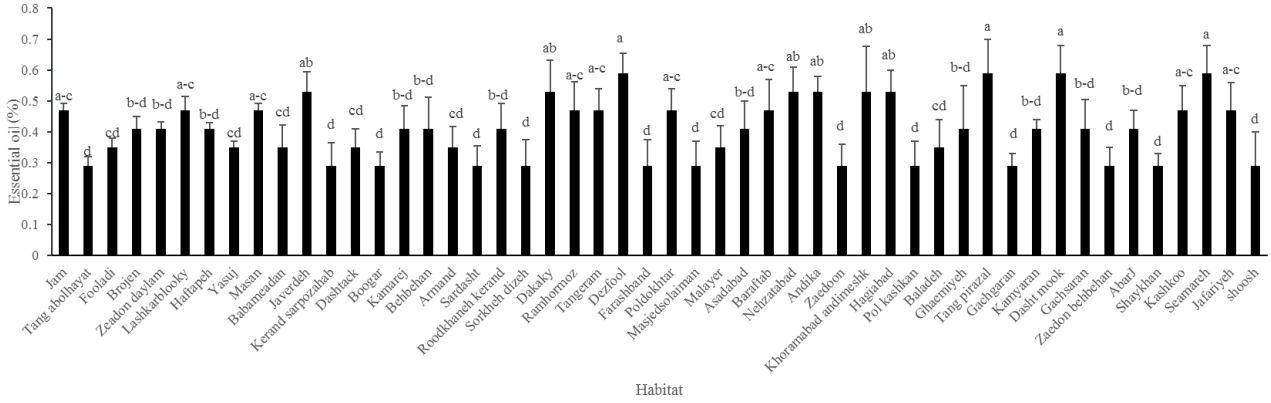
تجزیه آماری

تجزیه آماری داده‌های درصد اسانس به روش ANOVA با سه تکرار، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن و رسم دندروگرام تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و فاصله اقلیدسی ۱۰ توسط نرم‌افزار Minitab 19 و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه بای‌پلات توسط نرم‌افزار Graphpad Prism انجام شد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گردید.

نتایج

بررسی نتایج تجزیه واریانس درصد اسانس جمعیت‌های مختلف گیاه پنج انگشت نشان داد که اختلاف معنی‌داری از نظر آماری در سطح یک درصد بین جمعیت‌های مورد آزمایش وجود دارد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های بازده اسانس نشان داد که بیشترین میزان اسانس مربوط به مناطق دزفول، دشت موک، تنگ پیرزال و سیمره (۰/۵۹ درصد) بود، که اختلاف معنی‌داری با مناطق جم، مرز زیدون به دیلم، جاورده، دالکی، پل‌دختر، برآفتاب، نهضت‌آباد، اندیکا، خرم‌آباد به اندیمشک، خرم‌آباد، روستای کشکو و قم نداشتند و کمترین میزان بازده اسانس در ۱۳ منطقه مختلف شامل مناطق تنگ ابوالحیات، کرند به سرپل ذهاب، سردشت، فراشبند، مسجد سلیمان، زیدون، زیدون به بهبهان، پل کشکان، شوش، شیخان، گچگران، بوگر و سرخه دیزه (۰/۲۹ درصد) مشاهده شد که تقریباً بیش از دو برابر کمتر از مناطق ذکرشده می‌باشد (شکل ۱).

نتایج حاصل از تجزیه اسانس گیاه پنج‌انگشت نشان داد که مقدار و تعداد ترکیبات شناسایی شده در جمعیت‌های مختلف جمع‌آوری شده از مناطق مختلف کشور متفاوت است. بیشترین تعداد ترکیب در جمعیت منطقه بالاده با ۷۱ ترکیب و کمترین تعداد آن در جمعیت منطقه مسجد سلیمان با ۵۰ ترکیب مشاهده شد. نتایج نشان داد که ترکیبات شیمیایی اصلی اسانس در مناطق مختلف تقریباً مشابه بودند، اما درصد نسبی این ترکیبات از منطقه‌ای به منطقه دیگر تفاوت داشت. بررسی کمی و کیفی ترکیبات نشان داد که مونوترپن‌ها به‌عنوان ترکیبات غالب و عمده در اسانس این گیاه شناخته می‌شوند، که این یافته با نتایج مطالعات پیشین نیز هم‌راستا است (Salehpour *et al*., 2018).



شکل ۱- درصد اسانس جمعیت‌های مختلف گیاه پنج انگشت (*Vitex pseudo-negundo*) از برخی رویشگاه‌های ایران

Figure 1. Essential oil content of different *Vitex pseudo-negundo* populations from some habitats of Iran

Means followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level (Duncan test).

در بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از مناطق مختلف، در مجموع بین ۵۰ تا ۷۱ ترکیب شناسایی شد که این ترکیبات ۸۹/۶۶ تا ۱۰۰ درصد از کل اسانس را تشکیل دادند (جدول ۲). در میان ترکیبات شناسایی‌شده، آلفا-پینن در تمامی نمونه‌ها به عنوان ترکیب غالب شناخته شد. بالاترین میزان آلفا-پینن به‌ترتیب در مناطق گچساران (۲۸/۶٪) و کمترین آن در مناطق بالاده (۱۱/۲٪)، مرز زیدون دیلم (۱۱/۹٪) و یاسوج (۱۲/۸٪) مشاهده شد. پس از آن، لیمونن نیز به‌عنوان یکی از ترکیبات اصلی در همه مناطق وجود داشت و بیشترین درصد آن در زیدون به بهبهان (۱۷/۶٪) و کمترین میزان آن در منطقه خرم‌آباد به اندیمشک (۴/۶٪) درصد مشاهده شد. علاوه بر این، ترکیب آلفا-اودسمول‌استات نیز در اغلب مناطق به‌صورت پایدار و با درصدی بین ۵ تا ۱۰ درصد وجود داشت. بیشترین میزان این ترکیب در مناطق پل‌دختر (۱۰/۶٪) و لشکربلوکی (۱۰/۲٪) درصد و کمترین آن در منطقه کرند به سرپل‌ذهاب (۴/۴٪) درصد وجود داشت. ترانس-کاریوفیلن نیز در بیشتر نمونه‌ها یافت شد و در منطقه قائمیه با ۱۲/۶٪ و منطقه روستای کشکو ۲/۱٪ به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار آن گزارش گردید. ترکیبات دیگری مانند (Z,Z) ژرانیل لینالول، (Z)-β- فارنسن، وربنن و آلفا-ترپینل‌استات، هرچند مقادیر آنها در مقایسه با ترکیبات اصلی کمتر بود ولی در بسیاری از مناطق در زمره ترکیبات شاخص قرار گرفتند. برخی ترکیبات تنها در مناطق خاصی به صورت قابل توجه حضور داشتند. برای نمونه، ترکیب لیدول در یاسوج (۷/۱٪) و مرز زیدون (۴/۹٪) و ترانس-بتا- برگاموتن در زیدون (۳/۳٪) و سردشت (۳/۱٪) مقدار قابل ملاحظه‌ای داشتند. همچنین، کاریوفیلن‌اکسید در نمونه‌های مربوط به شیخان (۴/۲٪)، بهبهان (۳/۱٪) و تنگ‌ارم (۳/۱٪) مشاهده شد. ترکیب ۱۳-اپی مانول نیز تنها در چند منطقه ازجمله یاسوج (۳/۱٪) و پل‌دختر (۳/۸٪) وجود داشت. در مقابل، برخی ترکیبات تنها در مقادیر بسیار ناچیز و در مناطق محدودی یافت شدند. ازجمله این ترکیبات می‌توان به (توجا-۲،۴ و ۱۰-دی ان)، آلفا -کامفولنال، دلتا- کادنین و سینئول اشاره کرد که معمولاً با مقادیری کمتر از ۰/۲٪ گزارش شدند (جدول ۲). به‌طورکلی، اگرچه پراکنش نسبی ترکیبات در مناطق مختلف تفاوت‌هایی نشان داد، اما حضور مکرر ترکیباتی مانند آلفا-پینن، لیمونن، ترپینل استات، ترانس‌کاریوفیلن و آلفا-اودسمول‌استات با درصدهای تقریباً مشابه در بیشتر نمونه‌ها، می‌تواند نشان‌دهنده ثبات نسبی شیمیایی گونه در سطح مناطق رویشی مختلف باشد، در حالی که ترکیبات منطقه‌ای خاص احتمالاً تحت تأثیر شرایط اکولوژیکی و ژنتیکی منطقه ظاهر شده‌اند.

دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌های مختلف

گیاه پنج‌انگشت براساس خصوصیات کمّیت و کیفیت اسانس و ترسیم خط برش در فاصله ۱۰ اقلیدوسی، جمعیت‌های مختلف این گیاه را از نظر صفات مذکور به پنج گروه تفکیک نمود (شکل ۲). گروه اول شامل گیاهان پنج‌انگشت جمع‌آوری شده از مناطق کشکو (۴۷)، شوش (۵۰)، ابرج (۴۵)، نهضت‌آباد (۳۱)، گچگران (۴۰)، جعفریه (۴۹)، مسن (۹)، کامیاران (۴۱)، آرمند (۱۷)، بوگر (۱۴)، پل‌دختر (۲۶)، مسجد سلیمان (۲۷)، لشگربلوکی (۶)، بلده (۳۷)، سردشت (۱۸)، کمارج (۱۵)، بابامیدان (۱۰) و بروجن (۴) بود. گیاهان موجود در گروه اول غنی از ترکیبات آلفا- اودسمول‌استات، (Z،Z)-ژرانیل‌لینالول، اپی-لائورنن، (Z)-بتا-فارنسن و آلفا-ترانس برگاموتن و فقیر از ترکیبات وربنن، آلفا-ترپنیل‌استات و کاریوفیلن‌اکسید بودند. گروه دوم شامل گیاهان رشد کرده در مناطق گچساران (۴۳)، تنگ‌پیرزال (۳۹)، زیدون بهبهان (۴۴)، زیدون (۳۳) و کرند به سرپل‌ذهاب (۱۲) بود. جمعیت‌های متعلق به این گروه از میزان آلفا-پینن و لیمونن بالاتر و میزان (Z،Z)- ژرانیل لینالول، بتا- اودسمول و آلفا- اودسمول استات کمتر در قیاس با سایر گروه‌ها برخوردار بودند. گروه سوم شامل گیاهان جمع‌آوری شده از مناطق سیمره (۴۸)، (۲۳)، تنگ ارم (۱۹)، یاسوج (۸) و زیدون دیلم (۵) بود. گیاهان پنج انگشت متعلق به گروه سوم سرشار از ترکیبات وربنن و آلفا-ترپنیل‌استات و فقیر از ترکیبات ژرماکرین- دی، بتا-ترانس برگاموتن، لیمونن و آلفا-پینن بودند. گروه چهارم شامل گیاهان رشد کرده در مناطق قائمیه (۳۸)، شیخان (۴۶)، پل کشکان (۳۶)، سرخه دیزه (۲۰)، دشتک (۱۳)، هفت‌تپه (۷)، فولادی (۳)، ملایر (۲۸)، فراشبند (۲۵)، بهبهان (۱۶) و تنگ ابوالحیات (۲) بود. گیاهان این گروه غنی از ترکیبات کاریوفیلن اکساید و ترانس-کاریوفیلن بودند و از نظر ترکیب (Z)-بتا-فارنسن در سطح پائین‌تر نسبت به سایر گروه‌ها قرار داشت. گروه پنجم نیز شامل گیاهان پنج‌انگشت متعلق به مناطق خرم‌آباد به اندیمشک (۳۴)، حاجی‌آباد (۳۵)، اندیکا (۳۲)، دزفول (۲۴)، جاورده (۱۱)، برآفتاب (۳۰)، اسدآباد (۲۹)، دشت موک (۴۲)، دالکی (۲۱)، رامهرمز (۲۲) و جم (۱) بود. گیاهان موجود در این گروه حاوی میزان اسانس بالاتر در قیاس با سایر جمعیت‌ها بود. اسانس این گیاهان از درصد بالای ترکیب ژرماکرین-دی و درصد پائین ترکیبات اپی-لائورنن و (Z،Z)- ژرانیل‌لینالول برخوردار بود (جدول ۳).

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی اسانس بذر از ۵۰ جمعیت گیاه پنج انگشت ***Vitex pseudo-negundo***

Table2. Chemical components of the essential oils from 50 populations of *Vitex pseudo-negundo*

No	Compound	RI_c	RI_r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	α-thujene	921	924	-	0.4	-	-	0.5	0.3	-	0.5	0.3	0.3	0.4	-	-	-	-	0.3	-	-
2	α-pinene	928	932	20.4	20.8	20.1	17.0	11.9	19.5	20.6	12.3	20.7	18.6	23.1	26.7	19.4	20.4	18.3	22.5	19.2	15.9
3	camphene	944	946	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
4	thuja-2,4(10)-diene	952	953	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	-	0.1	0.2	-	0.1
5	verbenene	957	961	3.2	3.3	3.5	2.5	4.7	2.8	3.4	4.4	3.3	3.1	3.7	4.0	3.4	3.2	3.0	3.9	3.2	2.6
6	β-pinene	970	974	1.1	1.1	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	1.0	0.9	1.1	1.4	0.9	1.0	0.9	1.2	1.0	0.8
7	myrcene	987	988	2.0	1.9	2.0	1.7	1.0	1.9	2.0	1.3	2.2	2.1	2.5	2.4	2.1	2.0	1.7	2.3	1.8	1.7
8	α-phellandrene	1001	1002	1.1	1.0	1.4	0.9	0.3	0.9	1.4	0.3	1.2	0.9	1.1	1.1	1.3	1.3	0.9	0.9	1.0	0.9
9	α-terpinene	1012	1014	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2
10	limonene	1022	1024	10.9	13.5	10.8	9.2	6.8	10.0	11.0	7.2	12.4	10.4	12.1	14.2	12.6	13.6	12.1	16.3	9.1	10.1
11	1,8-cineole	1025	1026	2.1	0.1	2.7	2.3	6.4	2.4	2.8	5.7	-	2.4	2.8	-	-	-	-	0.2	2.5	-
12	(Z)-β-ocimene	1029	1032	0.3	-	0.3	0.2	-	-	0.3	-	0.2	0.2	-	-	0.4	0.3	0.2	-	0.2	-
13	γ-terpinene	1053	1054	0.5	0.5	0.3	0.4	0.6	0.4	0.3	0.6	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3
14	α-terpinolene	1084	1086	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
15	linalool	1094	1095	0.7	0.8	0.6	0.6	0.4	0.7	0.5	0.5	0.7	0.6	0.7	0.8	0.5	0.6	0.7	0.5	0.6	0.4
16	isopentyl isovalerate	1100	1102	-	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
17	α-campholenal	1118	1122	0.4	0.3	0.4	0.2	0.7	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	-	0.3	0.3	-	0.2
18	*trans*-pinocarveol	1133	1135	0.5	0.6	0.6	0.3	0.5	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.5	1.0	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.3
19	*cis*-verbenol	1136	1137	0.3	0.6	0.8	0.2	0.7	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	0.3	0.1	0.3	0.3	-	0.2
20	pinocarvone	1157	1160	0.3	0.4	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.2		0.2	0.2	-	0.1
21	ρ-mentha-1,5-dien-8-ol	1160	1166	0.4	0.4	0.5	0.4	0.9	0.5	0.4	0.5	0.4	0.3	0.4	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	-	0.3
22	4-terpineol	1171	1175	1.2	1.3	1.0	0.9	1.5	1.0	0.9	1.3	1.0	0.8	1.0	1.2	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8
23	α-terpineol	1182	1186	-	0.3	-	0.3	-	0.5	-	-	0.6	-	1.3	-	-	0.4	0.4	0.2	0.4	0.3
24	myrtenal	1194	1195	-	0.5	0.5	-	0.3	-	-	-	0.4	-	-	-	0.4	0.4	-	-	0.3	-
25	verbenone	1201	1204	0.8	1.0	0.8	0.7	1.8	0.9	0.7	1.2	0.8	0.4	1.3	1.3	0.6	0.7	0.9	1.0	0.7	0.5

ادامه جدول ۲-

Continued Table 2. Chemical components of the essential oils from 50 populations of...

No	Compound	RI_c	RI_r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
26	*trans*-carveol	1211	1215	-	0.2	0.3	-	0.3	-	0.2	0.0	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-
27	β-citronellol	1220	1223	0.8	0.4	0.4	0.7	0.6	0.5	0.5	0.3	0.6	0.7	0.4	0.7	0.5	0.5	1.0	0.4	0.5	0.4
28	carvone	1235	1239	-	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	-	0.3	0.2	-	0.2	0.3	-	0.2
29	geraniol	1246	1249	-	-	0.3	-	2.3	0.3	-	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	bornyl acetate	1281	1284	1.0	0.7	0.8	0.8	0.5	0.3	0.9	0.4	0.4	0.7	0.5	0.7	0.9	0.6	0.7	0.7	0.6	0.8
31	thymol	1288	1289																		
32	methyl geranate	1319	1322	0.2	0.7	0.2	0.4	0.1	0.3	0.3	0.2	-	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.6	0.3	0.4
33	δ-elemene	1331	1335	1.1	0.6	1.4	0.3	0.3	0.5	1.4	-	0.5	0.4	0.9	0.3	1.4	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3
34	α-terpinyl acetate	1340	1346	2.9	2.5	3.1	3.5	4.1	1.8	3.0	3.4	1.5	3.5	1.2	1.2	3.0	2.0	2.3	1.4	2.3	4.1
35	citronellyl acetate	1349	1350	-	-	0.2	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2	0.3
36	β-bourbonene	1386	1387	1.1	1.2	0.7	1.1	0.7	1.0	0.5	0.4	1.0	1.0	1.6	1.5	0.6	0.5	1.0	0.9	0.6	1.0
37	β-elemene	1385	1389	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	-	0.2	0.2	-	0.2
38	α-gurjunene	1405	1409	-	-	0.4	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-
39	*trans*-caryophyllene	1416	1417	6.0	6.8	5.3	5.0	3.2	3.4	5.7	3.6	5.7	4.5	5.8	4.2	6.5	7.6	3.6	7.1	8.4	5.9
40	α-*trans*-bergamotene	1429	1432	2.4	1.7	1.7	2.9	1.7	2.3	1.8	1.3	2.4	2.7	2.5	2.7	1.9	1.8	2.5	1.9	2.1	3.1
41	(Z)-β-farnesene	1439	1440	3.2	2.5	1.3	5.7	3.0	3.0	0.7	2.9	3.5	4.7	0.9	5.4	1.1	3.9	4.6	3.4	5.0	6.9
42	α-humulene	1447	1452	0.4	0.4	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.2	0.4	0.6	0.6
43	(E)-β-farnesene	1451	1454	0.3	-	0.7	-	0.2	-	0.6	0.3	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-	-
44	γ-curcumene	1477	1481	0.3	0.2	-	0.4	0.2	0.2	-	0.2	0.2	0.2	-	0.2	-	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4
45	germacrene D	1483	1484	2.7	1.9	2.6	2.4	1.4	2.7	2.8	0.6	2.9	3.0	4.4	1.8	3.1	1.1	2.2	1.7	0.9	2.5
46	β-selinene	1487	1489	1.5	0.9	2.4	0.4	0.6	1.1	2.2	0.8	0.5	0.2	0.9	0.5	1.9	1.2	0.4	0.2	1.0	0.4
47	bicyclogermacrene	1497	1500	0.4	0.3	-	0.6	0.3	0.3	-	0.3	0.4	0.4	-	0.4	-	0.4	0.5	0.3	0.5	0.8
48	β-bisabolene	1503	1505	0.5	0.4	0.1	1.0	0.4	0.4	-	0.4	0.5	0.8	-	0.8	0.1	0.6	0.8	0.4	0.7	1.4
49	δ-cadinene	1519	1522	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-
50	germacrene B	1555	1559	0.5	0.4	0.2	1.2	0.4	0.5		0.5	0.7	0.9		0.6	0.2	0.8	0.9	0.5	0.9	1.6

ادامه جدول ۲–

Continued Table 2. Chemical components of the essential oils from 50 populations of...

No	Compound	RI_c	RI_r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
51	(E)-nerolidol	1559	1561	0.5	0.4	-	0.9	0.5	0.5	-	0.4	0.5	0.8	0.4	0.6	-	0.5	0.7	0.4	0.5	1.4
52	caryophyllenyl alcohol	1566	1570	1.0	0.8	1.0	1.1	0.8	0.8	1.1	0.3	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	0.7	1.2	0.9	0.5	1.2
53	spathulenol	1574	1577	1.6	0.7	2.5	0.6	0.3	0.3	2.9	0.6	0.4	0.8	0.4	0.4	2.3	0.8	0.5	0.3	0.4	0.9
54	caryophyllene oxide	1580	1582	2.6	2.9	2.2	1.8	2.6	1.2	2.4	1.7	2.3	1.8	2.2	1.5	2.3	1.6	1.4	3.1	1.7	2.7
55	ledol	1598	1602	-	0.2	1.1	-	4.9	-	-	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
56	2-acetyl-naphthalene	1606	1608	-	-	0.7	-	0.3	-	0.8	0.6	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-
57	γ-eudesmol	1627	1630	0.8	0.5	0.9	0.8	0.8	0.8	1.2	0.4	1.1	1.3	1.2	0.3	1.0	0.3	1.0	0.6	0.3	0.8
58	α-muurolol	1642	1644	0.5	0.4	0.3	0.8	-	-	0.3	0.3	0.4	0.7	0.3	0.0	0.4	0.3	0.7	0.3	0.5	1.0
59	β-eudesmol	1645	1649	1.6	2.1	2.1	2.4	2.6	4.4	2.2	3.4	2.4	1.8	3.7	2.2	2.1	3.6	3.2	1.1	4.2	2.4
60	α-cadinol	1651	1653	-	0.2	-	0.6	0.3	-	-	0.3	0.3	0.5	-	-	-	0.3	0.6	-	0.5	0.8
61	14-hydroxy-(Z)-caryophyllene	1661	1666	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
62	epi-α-bisabolol	1680	1683	1.2	0.6	0.4	2.0	0.9	0.8	0.3	1.1	1.1	2.0	0.2	1.2	0.3	1.3	1.8	0.8	1.6	2.8
63	α-bisabolol	1684	1685	0.4	0.4	-	-	0.2	0.2	-	0.2	-	-	0.3	0.5	-	-	-	0.3	-	0.2
64	caryophyllene acetate	1697	1701	0.4	0.3	0.2	0.2	-	0.6	0.2	0.2	0.3	-	0.2	-	0.3	0.4	-	-	0.4	0.2
65	α-eudesmol acetate	1790	1794	6.6	6.3	6.5	6.8	8.6	10.2	7.2	9.5	7.6	5.9	5.2	4.4	8.0	8.6	6.9	6.2	9.1	6.1
66	epi-laurenene	1897	1901	2.4	2.9	2.3	3.6	3.7	3.5	2.3	4.0	3.5	3.5	2.9	2.6	2.7	2.8	3.7	3.4	3.0	3.1
67	(Z,Z)-geranyl linalool	1956	1960	3.9	3.5	3.4	3.8	4.6	5.4	4.1	5.4	4.3	3.5	3.2	2.4	4.4	4.1	4.0	3.3	4.2	3.2
68	(E,Z)-geranyl linalool	1984	1987	0.4	0.2	0.8	0.9	0.6	1.7	1.1	0.5	0.3	0.7	0.4	-	1.0	0.7	1.8	-	0.6	0.4
69	(6Z,10Z)-pseudo phytol	1986	1988	-	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	-	0.3	0.2	0.2	-	-	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
70	(Z,E)-geranyl linalool	1994	1998	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.6	0.7	0.6	0.5	0.7	0.5	0.8	0.6	0.5	0.5
71	(E,E)-geranyl linalool	2021	2026	-	-	-	0.4	-	-	-	0.3	0.2	0.5	-	-	0.2	0.2	0.3		0.2	0.4
72	abietatriene	2052	2055	0.5	0.5	0.5	1.2	0.9	0.7	0.4	1.0	0.8	1.4	0.8	0.5	0.4	0.4	1.0	0.8	0.4	1.1
73	13-epi-manool	2057	2059	1.3	1.8	1.5	2.2	2.0	2.9	2.3	3.1	2.1	2.3	1.5	1.2	2.3	2.4	2.4	1.1	2.4	1.8
74	methyl linoleate	2091	2095	0.9	1.0	0.8	1.6	1.3	1.3	1.0	1.7	1.4	1.9	1.0	0.8	1.0	1.0	1.8	1.5	1.0	1.2
Total				100.0	99.4	99.6	99.4	99.0	99.8	99.8	98.3	99.4	98.52	99.8	99.8	99.8	99.8	99.2	99.3	99.7	99.7

ادامه جدول ۲-

Continued Table 2. Chemical components of the essential oils from 50 populations of...

No	Compound	RI_c	RI_r	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1	α-thujene	921	924	0.6	-	-	0.4	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3
2	α-pinene	928	932	15.4	20.7	21.9	22.8	17.6	20.0	23.1	18.9	18.5	21.9	20.1	23.6	22.5	22.7	23.2	21.7	21.7
3	camphene	944	946	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
4	thuja-2,4(10)-diene	952	953	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-	-	0.1	-	0.1	-	-	0.1	0.1
5	verbenene	957	961	4.7	3.6	3.6	3.7	4.6	3.6	3.8	2.9	2.8	3.4	2.8	3.7	3.5	3.7	4.2	3.4	3.4
6	β-pinene	970	974	1.1	1.0	0.9	1.2	1.0	0.9	1.1	0.7	0.8	1.0	0.8	1.0	0.9	1.0	1.1	1.1	1.0
7	myrcene	987	988	1.6	2.0	2.0	2.3	1.6	2.0	2.6	1.8	1.8	2.2	2.0	2.4	2.2	2.4	2.7	2.4	2.3
8	α-phellandrene	1001	1002	0.4	1.4	1.3	0.9	0.5	1.4	1.6	1.2	1.2	1.2	1.3	1.5	1.0	1.3	1.2	1.5	1.3
9	α-terpinene	1012	1014	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3
10	limonene	1022	1024	9.7	13.2	11.1	10.6	9.8	10.4	15.2	12.0	11.8	14.5	11.0	12.1	11.6	14.6	16.3	4.6	11.7
11	1,8-cineole	1025	1026	5.4	-	2.8	2.8	5.8	3.4	-	-	-	-	2.7	2.9	2.9	-	-	-	3.0
12	(z)-β-ocimene	1029	1032	-	0.5	-	0.2	-	0.7	0.6	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.3
13	γ-terpinene	1053	1054	0.6	0.3	0.3	0.3	0.6	0.4	0.4	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5
14	α-terpinolene	1084	1086	0.3	0.6	0.5	0.3	0.3	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.4	0.5	0.4	0.7	0.5
15	linalool	1094	1095	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	0.8	0.7	0.9
16	isopentyl isovalerate	1100	1102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
17	α-campholenal	1118	1122	0.5	0.2	0.4	0.3	0.4	0.2	0.2	-	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3
18	*trans*-pinocarveol	1133	1135	0.4	0.4	0.7	0.4	0.5	0.3	0.4	0.2	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	0.5	0.3
19	*cis*-verbenol	1136	1137	0.6	0.4	0.7	0.3	0.4	0.2	0.2	-	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2
20	pinocarvone	1157	1160	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	-	0.2	-	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
21	ρ-mentha-1,5-dien-8-ol	1160	1166	0.6	0.4	0.5	0.3	0.7	0.3	0.3	-	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	-	0.3	0.4
22	4-terpineol	1171	1175	1.4	0.8	0.9	1.0	1.7	0.9	1.0	0.8	1.1	1.0	1.2	0.9	0.9	1.1	0.8	1.0	1.0
23	α-terpineol	1182	1186	0.3	-	-	-	0.3	-	0.4	-	0.2	0.4	0.2	-	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6
24	myrtenal	1194	1195	0.4	0.5		0.7		0.4	-	-	-	-	-	0.3	0.3	-	0.3	-	-
25	verbenone	1201	1204	1.1	0.6	0.8	0.3	1.7	0.6	0.8	0.6	1.2	1.1	0.7	0.3	0.5	0.8	0.6	0.7	1.2
26	*trans*-carveol	1211	1215	0.2	0.2	0.3	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
27	β-citronellol	1220	1223	0.5	0.5	0.5	0.6	0.4	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.6	0.5	0.5	0.5	0.3	0.4	0.5
28	carvone	1235	1239	0.3	0.2	0.3	-	0.3	-	-	-	-	-	0.2	-	0.3	-	-	-	-
29	geraniol	1246	1249	0.7	-	0.2	-	1.5	-	-	-	1.7	0.2	-	-	0.3	-	-	-	-
30	bornyl acetate	1281	1284	0.6	0.8	1.0	0.7	0.7	0.6	0.6	0.3	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5
31	thymol	1288	1289	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	methyl geranate	1319	1322	0.3	0.3	-	-	0.2	0.3	0.2	0.5	0.2	0.2	0.4	0.4	0.2	0.4	0.3	0.2	-
33	δ-elemene	1331	1335	0.2	1.4	2.0	0.8	0.3	1.2	0.7	0.6	0.7	0.3	2.0	1.7	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6
34	α-terpinyl acetate	1340	1346	4.2	2.7	3.1	2.4	4.5	2.5	2.6	1.3	2.0	2.1	4.0	3.4	2.5	3.5	3.0	2.6	1.7
35	citronellyl acetate	1349	1350	-	0.3	-	-	-	-	0.2	-	0.3	-	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	-
36	β-bourbonene	1386	1387	0.8	0.7	0.7	0.8	0.4	0.7	0.7	0.7	0.9	0.7	0.9	0.7	0.9	1.0	1.3	0.9	1.2
37	β-elemene	1385	1389	0.2	0.3	0.3	0.2	-	0.3	0.3	0.2	0.3	-	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3

ادامه جدول ۲-

Continued Table 2. Chemical components of the essential oils from 50 populations of...

No	Compound	RI_c	RI_r	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
38	α-gurjunene	1405	1409	-	0.3	0.5	-	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	-	-	-	-	-
39	*trans*-caryophyllene	1416	1417	4.4	7.8	4.5	5.3	7.2	8.0	7.6	5.4	3.7	8.6	5.1	4.2	4.0	6.2	5.4	9.8	6.6
40	α-*trans*-bergamotene	1429	1432	2.1	2.2	1.8	2.0	1.5	2.3	1.6	2.1	3.0	1.9	2.0	1.8	2.5	2.7	3.3	2.1	2.7
41	(Z)-β-farnesene	1439	1440	4.6	1.6	1.6	2.8	2.8	2.1	1.7	3.3	4.7	3.6	2.6	2.5	3.8	4.0	5.2	3.1	4.1
42	α-humulene	1447	1452	0.3	0.5	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.2	0.6	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.6	0.4
43	(E)-β-farnesene	1451	1454	0.2	0.5	1.0	0.2	-	-	-	-	-	-	0.8	0.7	-	-	-	-	-
44	γ-curcumene	1477	1481	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	0.2	0.2	0.3
45	germacrene D	1483	1484	1.2	3.1	2.6	2.3	1.1	3.5	2.0	2.4	2.8	1.6	2.5	2.2	2.8	3.2	3.8	1.8	3.3
46	β-selinene	1487	1489	0.2	1.8	3.3	1.2	0.7	0.7	1.1	-	0.4	1.2	3.7	3.2	0.6	0.8	0.4	1.3	0.9
47	bicyclogermacrene	1497	1500	0.4	-	0.3	0.3	0.2	0.3	-	0.3	0.5	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5
48	β-bisabolene	1503	1505	0.7	0.1	0.2	0.4	0.4	0.3	0.2	0.5	0.7	0.5	0.3	0.3	0.5	0.5	0.6	0.4	0.5
49	δ-cadinene	1519	1522	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-
50	germacrene B	1555	1559	0.6	0.2	0.2	0.4	0.3	0.4	0.3	0.6	1.0	0.5	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	0.6	0.8
51	(E)-nerolidol	1559	1561	0.7	-	-	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5	0.9	0.4	0.3	0.3	0.5	0.5	0.6	0.3	0.4
52	caryophyllenyl alcohol	1566	1570	0.7	1.0	1.0	0.8	0.6	0.9	0.7	0.9	1.0	0.7	1.1	0.9	0.9	0.9	0.5	0.8	0.9
53	spathulenol	1574	1577	0.4	2.1	3.0	1.3	0.5	0.5	0.3	0.4	0.4	0.3	1.8	1.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
54	caryophyllene oxide	1580	1582	2.2	2.3	2.1	2.5	3.1	2.0	1.6	1.4	1.0	2.0	1.6	1.2	1.1	1.4	1.2	1.6	2.0
55	ledol	1598	1602	3.4	-	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56	2-acetyl-naphthalene	1606	1608	0.2	0.6	0.8	0.4	-	-	-	-	-	-	0.7	0.5	-	-	-	-	-
57	γ-eudesmol	1627	1630	0.4	0.9	0.8	1.0	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5	0.3	0.4	0.3	0.8	0.4	0.6	0.3	0.7
58	α-muurolol	1642	1644	0.4	0.4	-	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	-	0.4	-	-	-	-	-	0.4	0.3
59	β-eudesmol	1645	1649	1.5	1.9	2.5	1.9	2.6	1.5	4.3	1.4	2.1	4.1	1.8	1.8	3.2	2.4	1.3	3.5	2.8
60	α-cadinol	1651	1653	0.3	-	-	0.3	-	-	-	0.3	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
61	14-hydroxy-(Z)-caryophyllene	1661	1666	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
62	epi-α-bisabolol	1680	1683	1.1	0.3	0.4	1.1	0.8	0.6	0.5	1.4	1.5	0.9	0.6	0.6	1.0	0.9	1.0	0.7	0.7
63	α-bisabolol	1684	1685	0.3	-	-	0.3	-	-	-	0.2	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-
64	caryophyllene acetate	1697	1701	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	-	0.3	0.6	0.2	0.2	-	-	0.3	-	-	-
65	α-eudesmol acetate	1790	1794	7.6	7.0	6.2	6.9	7.3	8.6	5.9	10.6	9.5	6.6	6.4	6.0	7.3	6.9	5.4	5.2	6.2
66	epi-laurenene	1897	1901	2.9	2.2	1.9	2.3	2.4	2.8	3.0	5.2	3.3	2.7	2.7	2.8	3.2	2.2	2.4	2.7	2.5
67	(Z,Z)-geranyl linalool	1956	1960	3.9	3.6	3.0	4.2	3.8	4.2	3.1	6.6	5.5	3.3	3.0	3.1	3.6	3.0	2.4	2.7	3.0
68	(E,Z)-geranyl linalool	1984	1987	0.6	0.8	1.1	0.4	0.9	0.4	0.2	-	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	-	-	0.4	-
69	(6Z,10Z)-pseudo phytol	1986	1988	0.2	0.2	-	-	0.2	0.2	-	0.4	0.3	-	-	-	0.2	-	-	-	-
70	(Z,E)-geranyl linalool	1994	1998	0.5	0.5	0.6	0.7	0.6	0.5	0.4	0.9	0.7	0.4	0.4	0.4	0.5	-	-	0.3	0.3
71	(E,E)-geranyl linalool	2021	2026	-	-	-	-	-	0.2	0.3	0.5	-	-	0.2	0.2	0.3	-	-	0.2	-
72	abietatriene	2052	2055	0.7	0.4	-	0.6	0.6	0.6	0.6	0.9	0.5	0.6	0.5	0.5	0.7	0.4	0.5	0.5	0.5
73	13-epi-manool	2057	2059	1.7	1.8	1.3	2.2	1.7	2.3	2.0	3.8	2.6	1.7	1.6	1.6	1.9	1.6	1.4	1.5	1.5
74	methyl linoleate	2091	2095	1.0	0.8	0.6	1.1	0.9	1.1	1.1	2.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	0.8	0.9	0.8	1.1
Total				99.6	99.8	99.8	99.7	99.8	99.7	99.7	98.5	99.7	99.7	99.7	99.7	99.6	99.8	99.8	89.7	99.7

ادامه جدول ۲-

Continued Table 2. Chemical components of the essential oils from 50 populations of...

No	Compound	RI_c	RI_r	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	α-thujene	921	924	-	0.9	-	0.6	-	-	0.4	1.1	0.6	0.4	0.5	0.3	-	-	-
2	α-pinene	928	932	21.0	11.2	18.3	23.9	21.1	19.2	21.0	28.6	25.9	19.8	19.4	22.1	20.3	21.7	22.3
3	camphene	944	946	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
4	thuja-2,4(10)-diene	952	953	0.1	0.2	-	-	-	-	0.1	0.2	0.2	-	0.3	0.3	-	0.1	0.1
5	verbenene	957	961	3.4	1.5	2.8	4.2	3.7	3.0	3.3	4.5	4.3	3.2	2.8	3.1	3.6	3.4	3.3
6	β-pinene	970	974	1.0	0.7	0.9	1.2	1.0	0.9	1.0	1.3	1.2	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9
7	myrcene	987	988	2.2	1.5	2.0	2.7	2.5	1.8	2.2	2.7	2.8	2.3	1.4	1.9	2.3	2.1	2.3
8	α-phellandrene	1001	1002	1.3	1.1	1.4	2.5	1.5	1.1	1.4	1.0	1.0	1.3	0.3	0.5	1.2	1.4	1.5
9	α-terpinene	1012	1014	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3
10	limonene	1022	1024	11.1	8.8	9.8	16.0	11.1	9.8	11.2	15.7	17.6	13.5	9.6	14.8	10.6	13.8	13.8
11	1,8-cineole	1025	1026	2.6	-	2.6	0.1	3.1	2.6	2.9	-	-	-	2.2	-	2.8	-	-
12	(z)-β-ocimene	1029	1032	0.5	0.4	0.3	-	0.5	0.3	0.3	-	-	-	-	-	0.3	0.4	0.5
13	γ-terpinene	1053	1054	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.4	0.4	0.5	0.3	0.4
14	α-terpinolene	1084	1086	0.5	0.8	0.6	1.1	0.6	0.4	0.6	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
15	linalool	1094	1095	0.6	0.8	0.7	0.9	0.7	0.6	0.7	0.8	0.9	0.7	0.6	0.8	0.6	0.6	0.9
16	isopentyl isovalerate	1100	1102	-	0.1	0.2	0.3	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-
17	α-campholenal	1118	1122	0.3	0.3	-	-	-	-	0.3	0.4	0.6	0.1	0.6	1.1	0.2	0.2	0.3
18	*trans*-pinocarveol	1133	1135	0.4	0.3	0.5	0.3	0.3	0.3	0.4	0.8	0.6	0.2	1.3	0.9	0.4	0.4	0.5
19	*cis*-verbenol	1136	1137	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.2	1.0	1.3	0.2	0.3	0.3
20	pinocarvone	1157	1160	0.2	0.1	0.3	-	-	0.2	-	0.5	0.3	-	0.9	0.4	0.2	0.3	0.2
21	ρ-mentha-1,5-dien-8-ol	1160	1166	0.4	0.5	0.3	-	-	0.3	0.4	0.4	0.4	0.2	0.6	0.9	0.3	0.4	0.4
22	4-terpineol	1171	1175	1.0	1.2	1.0	0.9	0.7	0.9	0.9	1.5	1.2	0.8	1.2	0.9	1.4	1.0	1.1
23	α-terpineol	1182	1186		0.9	1.0	0.6	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	-	-	0.3	0.4
24	myrtenal	1194	1195	0.5	0.2	0.3	-	-	-	-	0.6	-	-	0.6	0.4	-	-	-
25	verbenone	1201	1204	0.7	1.2	1.0	0.6	0.7	0.8	0.7	0.5	0.7	0.9	1.1	1.1	1.5	0.8	0.9
26	*trans*-carveol	1211	1215	0.2	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.3	-	-	-
27	β-citronellol	1220	1223	0.6	0.7	0.3	0.3	0.4	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	0.5	0.5	0.7
28	carvone	1235	1239	0.2	0.2	-	-	-	-	0.2	0.3	0.3	-	0.4	0.5	0.3	0.2	0.2
29	geraniol	1246	1249	v	-	-	-	-	-	-	-	0.5	0.7	-	0.2	-	-	0.7
30	bornyl acetate	1281	1284	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	0.7	0.5	1.0	0.7	0.7	0.6	0.6

ادامه جدول ۲–

Continued Table 2. Chemical components of the essential oils from 50 populations of...

No	Compound	RI_c	RI_r	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
31	thymol	1288	1289	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	methyl geranate	1319	1322	0.3	0.3	0.2	0.5	0.2	0.5	0.4	0.5	0.2	0.4	0.3	0.3	0.5	0.3	0.2
33	δ-elemene	1331	1335	1.1	1.7	0.6	0.5	0.6	0.5	1.5	-	0.5	0.8	0.3	0.3	1.3	1.0	0.8
34	α-terpinyl acetate	1340	1346	2.8	2.0	1.2	2.3	2.0	1.3	2.4	7.8	2.9	1.7	2.2	2.1	13.2	2.0	2.1
35	citronellyl acetate	1349	1350	0.2	0.3	-	0.2	0.2	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	0.2	0.3
36	β-bourbonene	1386	1387	0.7	1.2	0.3	0.7	0.9	0.9	0.7	0.4	1.4	0.9	1.3	1.1	0.4	0.7	1.0
37	β-elemene	1385	1389	0.3	0.4	0.2	-	0.2	0.2	0.2	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3
38	α-gurjunene	1405	1409	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-
39	*trans*-caryophyllene	1416	1417	9.2	6.7	12.6	8.3	5.7	7.4	5.7	4.4	3.3	4.0	6.4	2.1	5.6	5.5	4.2
40	α-*trans*-bergamotene	1429	1432	2.3	2.8	-	2.1	1.9	2.2	2.0	1.4	2.6	2.8	1.2	2.2	1.1	1.7	2.8
41	(Z)-β-farnesene	1439	1440	1.8	2.9	0.7	4.3	3.3	4.5	2.9	3.2	3.8	4.1	1.1	3.5	1.5	2.1	3.5
42	α-humulene	1447	1452	0.6	0.7	0.8	0.5	0.3	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4	-	0.3	0.3	0.3
43	(E)-β-farnesene	1451	1454	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-		-	-	0.4	0.3	-
44	γ-curcumene	1477	1481	-	0.1	-	0.2	-	0.2	-	-	0.3	0.3	-	0.3	-	-	0.2
45	germacrene D	1483	1484	3.4	4.9	1.2	1.7	2.4	1.9	2.5	0.9	2.9	2.8	1.7	2.2	1.3	2.3	3.4
46	β-selinene	1487	1489	0.5	1.1	2.1	0.3	0.8	0.9	2.8	0.4	0.5	1.2	0.3	0.5	2.2	1.7	0.5
47	bicyclogermacrene	1497	1500	-	0.6	-	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.5	-	0.4	0.4	-	0.4
48	β-bisabolene	1503	1505	0.2	0.5	-	0.6	0.5	0.6	0.4	0.4	0.5	0.6	0.1	0.5	0.2	0.2	0.5
49	δ-cadinene	1519	1522	-	0.3	-	-	-	-	0.2	-	-	0.1	-	-	-	-	-
50	germacrene B	1555	1559	0.3	0.7	0.2	0.8	0.6	0.8	0.5	0.4	0.6	0.9	0.2	0.4	0.3	0.3	0.6
51	(E)-nerolidol	1559	1561	0.3	0.4	-	0.5	0.6	0.6	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4	-	0.3	0.4
52	caryophyllenyl alcohol	1566	1570	1.1	1.3	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	-	0.8	0.8	0.6	0.7	0.5	0.8	1.0
53	spathulenol	1574	1577	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.5	0.3	0.2	0.4	0.6	0.5	1.3	0.8	0.3
54	caryophyllene oxide	1580	1582	3.0	2.1	2.7	1.0	1.5	1.9	2.1	1.3	1.2	0.9	4.2	-	1.9	1.6	1.2
55	ledol	1598	1602	-	0.3	0.3	-	-	-	0.4	-	-	-	0.4	-	-	-	-
56	2-acetyl-naphthalene	1606	1608	-	0.5	0.3	-	-	-	0.6	-	-	-	-	1.3	0.3	0.2	-
57	γ-eudesmol	1627	1630	0.8	1.1	0.7	0.4	0.6	0.5	0.6	-	0.5	0.5	1.2	1.0	0.3	0.5	0.8

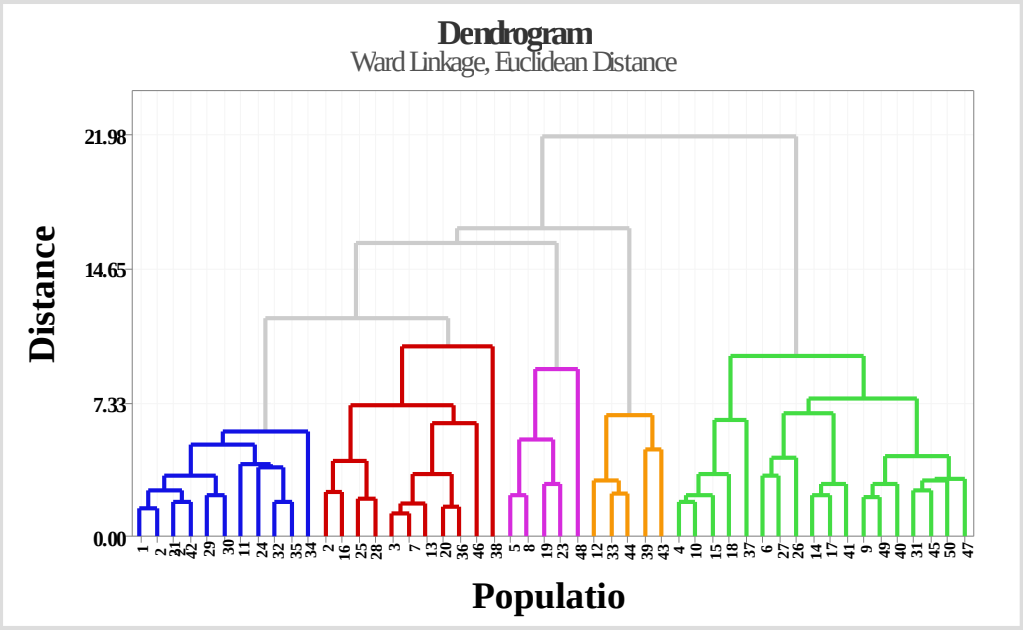
ادامه جدول ۲–

Continued Table 2. Chemical components of the essential oils from 50 populations of...

No	Compound	RI_c	RI_r	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
58	α-muurolol	1642	1644	0.4	0.5	0.9	0.4	0.3	0.4	-	0.4	-	-	1.1	0.2	0.9	0.3	
59	β-eudesmol	1645	1649	2.1	3.4	8.2	1.4	3.9	2.8	1.6	1.5	1.3	3.5	2.3	2.3	1.2	3.1	2.2
60	α-cadinol	1651	1653	-	0.3	-	-	-	0.3	-	-	-	0.4	-	0.3	-	-	0.3
61	14-hydroxy-(Z)-caryophyllene	1661	1666	-	0.2	0.4	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-
62	epi-α-bisabolol	1680	1683	0.4	0.9	0.4	1.3	1.2	1.1	0.7	1.0	0.7	1.1	0.4	1.0	0.4	0.5	1.0
63	α-bisabolol	1684	1685	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2	0.6	0.2	-	-	-
64	caryophyllene acetate	1697	1701	0.3	0.3	-	-	0.3	0.3	0.3	0.3	-	0.7	0.5	-	0.3	-	0.2
65	α-eudesmol acetate	1790	1794	6.6	7.1	6.8	5.2	7.6	9.3	6.7	4.8	4.7	9.1	7.9	7.2	5.9	7.6	6.5
66	epi-laurenene	1897	1901	2.3	4.1	3.3	2.2	3.3	3.9	2.4	1.3	2.2	2.7	2.7	3.7	2.4	3.8	3.1
67	(Z,Z)-geranyl linalool	1956	1960	3.4	3.9	3.8	2.5	4.1	4.5	3.2	2.4	2.4	4.2	6.1	3.6	3.0	4.3	3.4
68	(E,Z)-geranyl linalool	1984	1987	0.3	0.3	0.2	-	0.3	-	0.2	-	0.3	1.0	-	0.4	-	0.4	0.2
69	(6Z,10Z)-pseudo phytol	1986	1988	-	0.2	0.2	-	0.2	0.3	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-	0.2	-
70	(Z,E)-geranyl linalool	1994	1998	0.4	0.6	0.4	-	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	1.3	0.7	0.4	0.6	0.5
71	(E,E)-geranyl linalool	2021	2026	0.2	0.6	0.2	0.2	0.3	0.4	0.2	-	-	-	-	-	-	0.3	0.3
72	abietatriene	2052	2055	0.5	1.0	0.6	0.4	0.8	0.7	0.5	-	0.4	0.5	0.5	1.0	0.3	0.8	0.7
73	13-epi-manool	2057	2059	1.7	2.9	2.1	1.5	2.6	2.5	1.8	0.7	1.0	2.2	2.3	1.2	1.4	2.6	2.1
74	methyl linoleate	2091	2095	0.8	1.6	1.2	0.7	1.4	1.2	1.0	0.4	0.8	0.9	0.7	1.6	0.7	1.4	1.3
	Total			99.3	97.6	99.5	99.8	99.8	99.6	99.7	100.0	99.8	99.7	99.3	99.2	99.8	99.2	99.7

Populations 1-50 in the order mentioned in the study are Jam, Tang abolhayat, Fooladi, Brojen, Zeadon daylam, Lashkarblooky, Haftapeh, Yasuj, Masan, Babameadan, Javerdeh, Kerand sarpozahab, Dashtack, Boogar, Kamarej, Behbehan, Armand, Sardasht, Roodkhaneh kerand, Sorkheh dizeh, Dakaky, Ramhormoz, Tangeram, Dezfool, Farashband, Poldokhtar, Masjedsolaiman, Malayer, Asadabad, Baraftab, Nehzatabad, Andika, Zaedoon, Khoramabad andimeshk, Hagiabad, Pol kashkan, Baladeh, Ghaemiyeh, Tang pirazal, Gachgaran, Kamyaran, Dasht mook, Gachsaran, Zaedon behbehan, Abarj, Shaykhan, Kashkoo, Seamareh, Jafariyeh, Shoosh.

RI_c and RI_r are the calculated retention index and literature retention index, respectively.



شکل ۲- تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌های گیاه پنج‌انگشت (***Vitex pseudo-negundo***) براساس صفات میزان و اجزای اسانس

Figure 2. Cluster analysis of *Vitex pseudo-negundo* populations based on essentioal oil content and constituents
Numbers from 1 to 50 were respectively dedicated to Jam, Tang-e Aboalhayat, Foladi, Brojen, Zeadon-Deylam, Lashkarblooky, Haftapeh, Yasuj, Masan, Babameadan, Javerdeh, Kerand-e Sarpolzahab, Dashtak, Boogar, Kamarej, Behbehan, Armand, Sardasht, Roodkhaneh-e Kerand, Sorkhe Dizeh, Dalaki, Ramhormoz, Tang-e Eram, Dezful, Farashband, Poldokhtar, MasjedSolayman, Malayer, Asadabad, Baraftab, Nehzatabad, Andika, Zeadon, Khoramabad-Andimeshk, Hajiabad, Pol-e Kashkan, Baladeh, Qaemeyeh, Tang-e Pirzal, Gachgaran, Kamyaran, Dasht-e Mook, Gachsaran, Zeadon-Behbehan, Abarj, Sheykhan, Kashkoo, Seamareh, Jafariyeh, and Shoosh.

جدول ۳- اعضا و خصوصیات شاخص خوشه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌های گیاه پنج‌انگشت (***Vitex pseudo-negundo***) براساس صفات میزان و اجزای اسانس

Table 3. Characteristics and composition of clusters derived from cluster analysis of *Vitex pseudo-negundo* populations based on essentioal oil content and constituents

Cluster	Populations	Important traits
1 (Green)	4, 6, 9, 10, 14, 15, 17, 18, 26, 27, 31, 37, 40, 41, 45, 47, 49, and 50	Highest values of GL, LU, and B and lowest values of TA and V
2 (Orange)	12, 33, 39, 43, and 44	Highest values of AP, L, and F and lowest values of LU, GL, U, EA, and CO
3 (Violet)	5, 8, 19, 23, and 48	Highest values of EA, TA, and V and lowest values of AP, L, C, B, and GD
4 (Red)	2, 3, 7, 13, 16, 20, 25, 28, 36, 38, and 46	Highest values of C, U, and CO and high values of L
5 (Blue)	1, 11, 21, 22, 24, 29, 30, 32, 34, 35, and 42	Highest GD and ECO values and relatively high AP values

Numbers from 1 to 50 were respectively dedicated to Jam, Tang-e Aboalhayat, Foladi, Brojen, Zeadon-Deylam, Lashkarblooky, Haftapeh, Yasuj, Masan, Babameadan, Javerdeh, Kerand-e Sarpolzahab, Dashtak, Boogar, Kamarej, Behbehan, Armand, Sardasht, Roodkhaneh-e Kerand, Sorkhe Dizeh, Dalaki, Ramhormoz, Tang-e Eram, Dezful, Farashband, Poldokhtar, MasjedSolayman, Malayer, Asadabad, Baraftab, Nehzatabad, Andika, Zeadon, Khoramabad-Andimeshk, Hajiabad, Pol-e Kashkan, Baladeh, Qaemeyeh, Tang-e Pirzal, Gachgaran, Kamyaran, Dasht-e Mook, Gachsaran, Zeadon-Behbehan, Abarj, Sheykhan, Kashkoo, Seamareh, Jafariyeh, and Shoosh.

ECO: Essential oil content (%), AP: α-Pinene, L: Limonene, TA: α-Terpinyl acetate, EA: α-Eudesmol acetate, C: *trans*- Caryophyllene, U: β-Eudesmol, GL: (Z,Z)-Geranyl linalool, V: Verbenene, B: *trans*-α-Bergamotene, LU: epi-Laurenene, F: (Z)-β-Farnesene, GD: Germacrene D, and CO: Caryophyllene oxide.

در این تحقیق نیز به منظور درک روابط داخلی میان صفات و تعیین گروه متغیرهای با بالاترین میزان همبستگی و در نهایت بررسی میزان شباهت جمعیت‌های گیاه پنج انگشت براساس صفات میزان و اجزای اسانس آنها، از تجزیه به عامل با استفاده از مؤلفه‌های اصلی و چرخش عامل‌ها به روش وریماکس استفاده گردید. در تجزیه خصوصیات فیتوشیمیایی ۵۰ جمعیت گیاه پنج انگشت جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های مختلف به مؤلفه‌های اصلی، مشخص گردید شش عامل یا مؤلفه با مقادیر

ویژه بزرگ‌تر از یک، در مجموع دارای سهمی ۸۲/۹۸ درصدی در تغییرات صفات مورد مطالعه بوده و سبب تفکیک جمعیت‌های مورد مطالعه براساس خصوصیات اسانس شدند (جدول ۴).

جدول ۴- مقدار ویژه، واریانس، واریانس تجمعی و ضریب بردارهای ویژه حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی جمعیت‌های گیاه پنج‌انگشت (*Vitex pseudo-negundo*) براساس صفات میزان و اجزای اسانس

Table 4. Eigenvalues, variance, cumulative variance, and eigenvector coefficients from principal component analysis of *Vitex pseudo-negundo* populations based on essentioal oil content and constituents

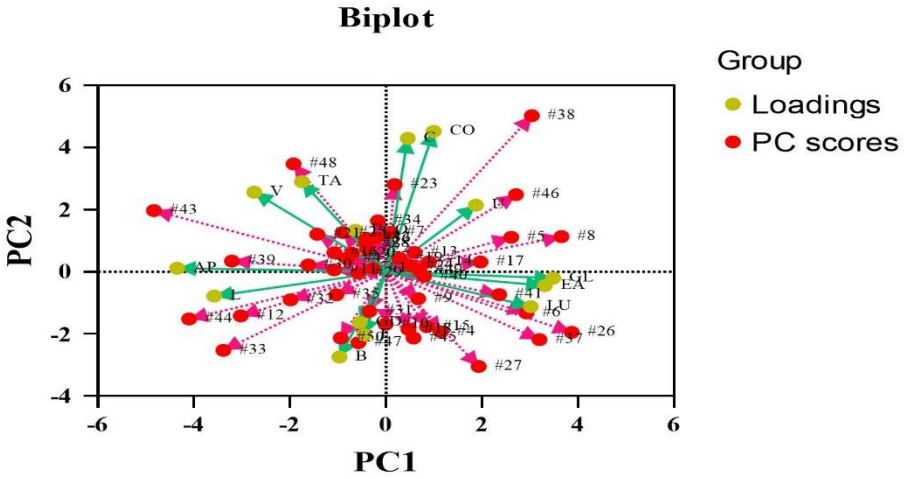
Trait	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
ECO	-0.12	0.17	-0.22	0.30	-0.75	0.33
AP	-0.79	0.01	0.21	-0.29	-0.26	-0.17
L	-0.65	-0.26	0.17	-0.40	-0.06	-0.38
TA	-0.32	0.37	-0.59	0.31	0.09	0.19
EA	0.81	-0.15	-0.25	-0.14	-0.18	-0.21
C	0.11	0.55	0.61	-0.04	0.09	0.25
U	0.46	0.27	0.45	-0.44	-0.14	0.35
GL	0.85	-0.07	-0.20	-0.05	-0.10	-0.38
V	-0.50	0.33	-0.46	-0.25	0.05	-0.16
B	-0.18	-0.90	0.10	0.25	0.13	0.11
LU	0.74	-0.37	-0.08	-0.17	-0.09	0.05
F	-0.08	-0.66	-0.22	-0.22	0.39	0.45
GD	-0.10	-0.53	0.49	0.55	-0.21	-0.19
CO	0.24	0.58	0.20	0.41	0.44	-0.25
Eigenvalue	3.68	2.73	1.71	1.32	1.13	1.03
Proportion of variance	26.31	19.51	12.23	9.41	8.10	7.41
Cumulative proportion of variance	26.31	45.82	58.05	67.46	75.57	82.98

ECO: Essential oil content (%), AP: α-Pinene, L: Limonene, TA: α-Terpinyl acetate, EA: α-Eudesmol acetate, C: *trans*- Caryophyllene, U: β-Eudesmol, GL: (Z,Z)-Geranyl linalool, V: Verbenene, B: *trans*-α-Bergamotene, LU: epi-Laurenene, F: (Z)-β-Farnesene, GD: Germacrene D, and CO: Caryophyllene oxide.

بررسی جدول بردارهای ویژه شش مؤلفه اصلی (جدول ۴) نشان داد که مؤلفه اول با مقدار ویژه ۳/۶۸ و ۲۶/۳۱ درصد واریانس کل را توجیه نموده و سهم عمده‌ای در ایجاد تغییرات صفات اسانس گیاه پنج انگشت جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های مختلف داشت. این عامل دارای همبستگی مثبت با (Z,Z)-ژرانیل لینالول، آلفا–اودسمول استات و اپی– لائورن (به ترتیب با ضرایب ۰/۸۵، ۰/۸۱ و ۰/۷۴) بود. مؤلفه دوم دارای مقدار ویژه ۲/۷۳ بود و به تنهایی سبب ۱۹/۵۱ درصد از کل تغییرات صفات اسانس اندازگیری شده گردید. در این عامل، میزان کاریوفیلن اکساید (۰/۵۸) ضریب بالاتری را به خود اختصاص داد و سهم عمده در ایجاد واریانس این عامل داشت. سومین مؤلفه نیز دارای همبستگی مثبت با میزان ترانس–کاریوفیلن (۰/۶۱) بوده و با مقدار ویژه ۱/۷۱ و ۱۲/۲۳ واریانس کل صفات اسانس جمعیت‌های مختلف گیاه پنج انگشت را توجیه نمود. مؤلفه چهارم با مقدار ویژه ۱/۳۲ دارای سهمی ۹/۴۱ درصدی از تغییرات صفات موردمطالعه بود. این عامل از همبستگی مثبت با میزان ژرماکرین–دی (۰/۵۵) برخوردار بود. مؤلفه‌های پنجم و ششم دارای مقادیر ویژه ۱/۱۳ و ۱/۰۳ بودند و به ترتیب به میزان ۸/۱۰ و ۷/۴۱ درصد در تغییرات صفات اسانس گیاه پنج انگشت نقش داشتند. در عامل پنجم، میزان کاریوفیلن اکساید (۰/۴۴) و در عامل ششم، (Z)–بتا–فارنسن (۰/۴۵) ضرایب بالایی را به خود اختصاص دادند.

نتایج تجزیه بای‌پلات صفات اسانس گیاه پنج انگشت براساس مؤلفه‌های اول و دوم نشان داد جمعیت‌های مختلف این گیاه به‌طورکلی در قالب پنج گروه از یکدیگر تفکیک شدند (شکل ۳). گروه اول شامل جمعیت‌های جمع‌آوری شده از مناطق

کشکو (۴۷)، شوش (۵۰)، ابرج (۴۵)، نهضت‌آباد (۳۱)، گچگران (۴۰)، جعفریه (۴۹)، مسن (۹)، کامیاران (۴۱)، آرمند (۱۷)، بوگر (۱۴)، پل‌دختر (۲۶)، مسجد سلیمان (۲۷)، لشگربلوکی(۶)، بلده (۳۷)، سردشت (۱۸)، کمارج (۱۵)، بابامیدان (۱۰) و بروجن (۴) دارای مقادیر بالای ترکیبات (Z,Z)-ژرانیل لینالول، اپی–لائورنن و ترانس–بتا– برگاموتن و سطح پائین ترکیبات آلفا–ترپنیل استات و وربنن بود. گروه دوم با سطح بالای آلفا–پینن و لیمونن و (Z)–بتا–فارنسن و میزان پائین اپی– لائورن، (Z,Z)-ژرانیل لینالول، بتا–اودسمول، آلفا– اودسمول استات و کاریوفیلن اکساید شامل جمعیت‌های رشد کرده در مناطق گچساران (۴۳)، تنگ پیرزال (۳۹)، زیدون بهبهان (۴۴)، زیدون (۳۳) و کرند به سرپل ذهاب (۱۲) بود. گروه سوم شامل جمعیت‌های جمع‌آوری شده از مناطق سیمره (۴۸)، تنگ ارم (۲۳)، رودخانه کرند (۱۹)، یاسوج (۸) و زیدون دیلم (۵) نیز غنی از ترکیبات آلفا–اودسمول استات، آلفا–ترپنیل استات و وربنن و فقیر از ترکیبات آلفا–پینن، لیمونن، ترانس– کاریوفیلن، بتا–ترانس برگاموتن و ژرماکرین– دی بود. جمعیت‌های رشد کرده در مناطق قائمیه (۳۸)، شیخان (۴۶)، پل کشکان (۳۶)، سرخه دیزه (۲۰)، دشتک (۱۳)، هفت‌تپه (۷)، فولادی (۳)، ملایر (۲۸)، فراشبند (۲۵)، بهبهان (۱۶) و تنگ ابوالحیات (۲) طبقه‌بندی شده در گروه چهارم دارای سطح بالای ترکیبات ترانس–کاریوفیلن، بتا– اودسمول و کاریوفیلن اکساید بودند و از نظر ترکیب لیمونن در سطح پائین‌تر نسبت به سایر گروه‌ها قرار داشتند. بررسی صفات جمعیت‌های واقع شده در گروه پنجم که شامل گیاهان پنج انگشت متعلق به مناطق خرم‌آباد به اندیمشک (۳۴)، حاجی‌آباد (۳۵)، اندیکا (۳۲)، دزفول (۲۴)، جاورده (۱۱)، برآفتاب (۳۰)، اسدآباد (۲۹)، دشت موک (۴۲)، دالکی (۲۱)، رامهرمز (۲۲) و جم (۱) بودند، حکایت از سطح بالای درصد اسانس و ترکیبات ژرماکرین–دی و میزان پائین ترکیب آلفا– پینن داشت. به این ترتیب، نتایج تجزیه بای‌پلات و تجزیه خوشه‌ای صفات جمعیت‌های گیاه پنج انگشت با یکدیگر مطابقت داشتند.



شکل ۳- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی جمعیت‌های گیاه پنج‌انگشت (***Vitex pseudo-negundo***) براساس صفات میزان و اجزای اسانس

Figure 3. Principal component analysis of *Vitex pseudo-negundo* populations based on essentioal oil content and constituents

Numbers from 1 to 50 were respectively dedicated to Jam, Tang-e Aboalhayat, Foladi, Brojen, Zeadon-Deylam, Lashkarblooky, Haftapeh, Yasuj, Masan, Babameadan, Javerdeh, Kerand-e Sarpolzahab, Dashtak, Boogar, Kamarej, Behbehan, Armand, Sardasht, Roodkhaneh-e Kerand, Sorkhe Dizeh, Dalaki, Ramhormoz, Tang-e Eram, Dezful, Farashband, Poldokhtar, MasjedSolayman, Malayer, Asadabad, Baraftab, Nehzatabad, Andika, Zeadon, Khoramabad-Andimeshk, Hajiabad, Pol-e Kashkan, Baladeh, Qaemeyeh, Tang-e Pirzal, Gachgaran, Kamyaran, Dasht-e Mook, Gachsaran, Zeadon-Behbehan, Abarj, Sheykhan, Kashkoo, Seamareh, Jafariyeh, and Shoosh. ECO: Essential oil content (%), AP: α-Pinene, L: Limonene, TA: α-Terpinyl acetate, EA: α-Eudesmol acetate, C: trans- Caryophyllene, U: β-Eudesmol, GL: (Z,Z)-Geranyl linalool, V: Verbenene, B: trans-α-Bergamotene, LU: epi-Laurenene, F: (Z)-β-Farnesene, GD: Germacrene D, and CO: Caryophyllene oxide.

بحث

محتوای (بازده) اسانس جمعیت‌های مورد مطالعه در مناطق مختلف از ۰/۲۹ تا ۰/۵۹ درصد (وزن/حجم) متغیر بود (شکل ۱). در مطالعه‌ای که توسط Haghighi و همکاران (۲۰۱۷) انجام شد، بیشترین بازده اسانس در میوه‌های این گونه در هشت منطقه از استان فارس برابر با ۰/۴۵ و کمترین

مقدار آن ۰/۲۱ درصد گزارش شد. همچنین Hadjmomammadiو همکاران (۲۰۰۶) بالاترین عملکرد اسانس را معادل ۰/۸ درصد اعلام کردند. نتایج به دست آمده در این مطالعه که بازه‌ای بین ۰/۲۹ تا ۰/۵۹ درصد را شامل می‌شود، از بازده گزارش‌شده توسط Haghighi و همکاران (۲۰۱۷) (۰/۲۱–۰/۴۵ درصد) بالاتر و در مقایسه با نتایج گزارش شده توسط HadjMohammadi و همکاران (۲۰۰۶) (۰/۸ درصد) و Akhlaghi(۲۰۱۷) که بازدهی ۰/۸ درصد را اعلام کرده‌اند، پایین‌تر است. در پژوهش‌های قبلی، بازده اسانس گونه‌های مختلف از جنس *Vitex* که از رویشگاه‌های استآنهای خراسان، کرمانشاه و سیستان و بلوچستان جمع‌آوری شده بودند، در دامنه‌ای بین ۰/۴۵تا ۰/۶۵ درصد قرار داشت (Abbas azimi *et al*., 2008). به‌نظر می‌رسد در این مطالعه، متغیرهای محیطی مانند ارتفاع، دما و بارش تأثیر معنی‌داری بر بازده اسانس داشته‌اند؛ زیرا مناطقی با بازده بالا و پایین از نظر این عوامل تفاوت قابل توجهی داشتند (جدول ۱). در این راستا می‌توان بیان کرد که اثر شرایط اکولوژیکی بر عملکرد اسانس می‌تواند با توجه به گونه گیاهی، متفاوت و حتی متناقض باشد. بدین معنی که ممکن است گیاهی تأثیرپذیری بیشتری از ارتفاع داشته باشد، در حالی که برای گونه دیگر فاکتور دما، بارندگی و یا برهم‌کنش این عوامل تأثیر داشته باشند. در یک مطالعه بر روی گونه‌ای از آویشن (*Thymus caramanicus*)، رابطه منفی بین ارتفاع و میزان عملکرد اسانس توسط Bigdeloo و همکاران (۲۰۱۷) گزارش شد. ویژگی‌های مختلف رویشگاه‌های طبیعی اهمیتی ویژه در تعیین کمیت و کیفیت تولید گیاهان دارویی دارند. خشکی، شوری، آب، نور، تشعشع، رطوبت، جو، فشار، امواج صوتی، نوع خاک و وجود فلزات سنگین در خاک به‌طور بالقوه می‌تواند باعث تغییرات قابل‌توجهی در عملکرد، نوع و کیفیت اجزای زیست فعال در اسانس شود (Hejaz *et al*., 2015). خشکی و دمای بالا، میزان فتوسنتز را در گیاهان محدود می‌نماید و با تغییر در میزان جذب مواد غذایی از خاک، تولید ماده آلی، اسیدهای آمینه و قند را دچار نوسان می‌کند که در این گیاه تغییرات غیرعادی ایجاد شده را دریافت کرده و برای مقابله با شرایط ایجاد شده، فعالیت چرخه‌های مربوط به تولید متابولیت‌های اولیه را کاهش داده و باعث فعال‌سازی مسیرهای تولید متابولیت‌های ثانویه می‌شود (Rahmati & Behbahani, 2021).

بررسی اجزای اسانس نشان داد که در تمامی جمعیت‌های مورد مطالعه، ترکیبات اصلی اسانس شامل آلفا–پینن(۱۱/۲–۲۸/۶٪)، لیمونن (۴/۶–۱۷/۶٪)، ترپینل استات (۱/۲–۱۳/۲٪)، آلفا–اودسمول‌استات (۴/۴–۱۰/۶٪)، ترانس‌کاریوفیلن (۲/۱–۱۲/۶٪)، بتا–اودسمول (۱/۱–۸/۲٪)، ژرانیل‌لینالول (۲/۴–۶/۶٪)، وربنن (۱/۵–۴/۷٪)، آلفا–ترانس–برگاموتن (۱/۱–۳/۳ درصد)، لورنن (۱/۳۰۳–۵/۱۷ درصد)، فارنسن (۰/۶۷–۶/۹۳ درصد)، ژرماکرن‌دی (۰/۶۳–۴/۹ درصد) و کاریوفیلن‌اکسید (۰/۸۷–۴/۲۲٪) بودند. از میان این ترکیبات، مونوترپن‌های آلفا–پینن و لیمونن در تمامی جمعیت‌ها به عنوان فراوان‌ترین ترکیبات حضور داشتند. مقایسه نتایج با مطالعات پیشین نشان می‌دهد که یافته‌های این تحقیق با نتایج Abbas azimi و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. آنان نیز آلفا–پینن (۱۰/۳–۲۴/۵٪) و لیمونن (۴/۴–۱۲/۸٪) را به‌عنوان ترکیبات اصلی اسانس گیاه پنج انگشت در ایران معرفی کردند. همچنین گزارش Akhlaghi(۲۰۱۷) نیز این نتایج را تأیید می‌کند و بیان می‌دارد که ترکیبات اصلی اسانس میوه این گونه شامل آلفا–پینن (۳۱٪)، بی‌سیکلوژرماکرن (۱۴/۵٪) و لیمونن (۱۱/۵٪) است. بررسی مقادیر آلفا–پینن در جمعیت‌های مختلف نشان داد که کمترین میزان این ترکیب به ترتیب در جمعیت‌های بالاده (۱۱/۲٪)، مرز زیدون دیلم (۱۱/۹٪) و یاسوج (۱۲/۳٪) مشاهده شد؛ در حالی که بالاترین مقدار آن در جمعیت گچساران (۲۸/۶٪) به ثبت رسید. با این حال، میزان آلفا–پینن در سایر جمعیت‌ها تفاوت چشمگیری را نشان نداد. نتایج کلی حکایت از آن دارد که ترکیبات شیمیایی اسانس در بین مناطق مختلف مورد مطالعه از نظر نوع ترکیبات، نسبتاً مشابه است؛ هرچند درصد اجزای تشکیل‌دهنده در بین جمعیت‌ها تفاوت‌هایی داشته است. یافته‌های Bamoniri و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی اسانس گل و دانه گیاه پنج

انگشت نیز ترکیبات عمده‌ای مانند آلفا-ترپینل استات (۳۱/۳٪)، آلفا-پینن (۹/۴٪)، ترانس‌کاریوفیلن (۸/۹٪)، فلوروفنیل‌مالمید (۴/۳٪)، اسپاتولنل (۴/۱ درصد)، بی‌سیکلوژرماکرن (۳/۴٪) و لیمونن (۲/۸٪) را گزارش کردند، که اگرچه نوع ترکیبات مشابه است، اما در درصد آنها با نتایج این مطالعه تفاوت وجود دارد. در مطالعه‌ای دیگر، ترکیب اسانس اندام‌های هوایی پنج جمعیت این گونه در جنوب ایران در مرحله گلدهی بررسی شد و ۴۱ ترکیب شناسایی گردید که ۹۵/۸ تا ۹۸/۵ درصد از کل اسانس را تشکیل می‌دادند. در این تحقیق هیدروکربن‌های مونوترپن شامل آلفا-پینن (۲۹/۲–۲۵/۳٪) و لیمونن (۹/۸۵–۷/۸۹٪) به عنوان فراوان‌ترین ترکیبات شناخته شدند. سایر ترکیبات اصلی شامل بتا–(ای) متیل یونون (۱۷/۳۷–۱۲/۳۸٪)، بتا-کاریوفیلن (۹/۸–۳/۷٪) و بتا-اودسمول (۶–۵/۱٪) بودند (Salehpour *et al*., 2018).

در مطالعه روی گونه‌های مختلف جنس *Vitex*، Abbas azimi و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که در اسانس گونه سودو-نگوندو، سزکوئی‌ترپن‌ها (۵۰/۷۱٪) غالب بودند و عمده‌ترین آنها شامل آلفا-گواین (۱۴/۲٪)، ژرماکرن (۶/۱۱٪)، آلفا-کادینول (۱۰٪) و بی‌سیکلوژرماکرن (۹/۹٪) بودند. در مقابل، در گونه نگوندو، مونوترپنوئیدها (۶۶/۶٪) ترکیبات غالب را تشکیل دادند که ۸،۱-سینئول (۲۰/۸٪) و آلفا-پینن (۱۸/۸٪) اجزای اصلی بودند. در اسانس گونه (*V. agnus-castus*) نیز مونوترپنوئیدها (۸۲/۸٪) بخش عمده اسانس را تشکیل داده و ترکیباتی مانند ۸،۱-سینئول (۱۸/۵٪)، آلفا-پینن (۱۷/۸٪)، لیمونن (۱۵/۷٪) و سابینن (۱۴/۹٪) بیشترین سهم را داشتند. همچنین در اسانس گونه (*V. trifolia*) مونوترپنوئیدها (۶۷/۱٪) غالب بوده و سابینن (۲۴/۶٪) و آلفا-پینن (۲۳/۹٪) اجزای اصلی تشکیل‌دهنده آن بودند. در مطالعه‌ای دیگر بر روی گیاه برازمبل توسط Arvin و Firozeh (۲۰۲۳)، مشخص شد که برخی ترکیبات اسانس به‌صورت اختصاصی فقط در یک رویشگاه حضور دارند. برای نمونه، لیمونن با ۱۲/۴٪ فقط در اسانس گیاهان منطقه تنگه ترکمن مشاهده شد. همچنین، ترکیباتی مانند سیکلوسزکوئی‌فلاندرن (۲۰/۲٪)، آدامنتانول (۲۵/۱٪) و آلفا-ترپینیل (۱۲/۷٪) فقط در منطقه گوینیک و متیل فنیل پروپان (۲۱/۲٪)، کاریوفیلن اکساید (۷۷/۵٪) و ایزوبرنئول (۵۸/۵٪) فقط در اسانس گیاهان منطقه چشمه سید گزارش شدند. بررسی ترکیب شیمیایی اسانس گونه‌های مختلف گیاه *Vitex* نشان داد که نوع ترکیبات غالب و درصد آنها در بین گونه‌ها و حتی جمعیت‌های مختلف از یک گونه، تفاوت دارد. این تفاوت می‌تواند ناشی از عوامل گوناگون بوم‌شناختی باشد که بر میزان کمی و کیفی متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی تأثیرگذار هستند. از مهمترین این عوامل می‌توان به شرایط اقلیمی و آب‌وهوایی (ازجمله شدت نور، میزان بارش، دما و وزش باد)، ویژگی‌های خاک (مانند بافت، اسیدیته و میزان عناصر غذایی) و عوامل جغرافیایی مانند ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت آن اشاره کرد (Omidbaigi, 1995). تغییرات در ترکیب شیمیایی اسانس‌های طبیعی موضوعی متداول است و می‌تواند بازتابی از منشأ گیاه، شرایط اکولوژیکی، تفاوت‌های ژنتیکی و مرحله فنولوژیکی برداشت گیاه باشد (Verma *et al*., 2013). تنوع در مقدار درصد بازده اسانس گیاهان دارویی می‌تواند مربوط به ژنتیک گیاه، شرایط اقلیمی محل رویش، ارتفاع از سطح دریا، زمان برداشت گیاه، روش خشک کردن، روش استخراج، عوامل فیزیولوژیک، مرحله تکامل گیاه و اثر متقابل این عوامل باشد (Fatahi *et al*., 2016؛ Bigdelo *et al*., 2017). بنابراین، یک گونه گیاهی با توجه به شرایط محیطی متفاوت، می‌تواند اسانسی با ساختار شیمیایی گوناگون تولید کند. از این‌رو، تنوع در ترکیبات شیمیایی را می‌توان به‌عنوان بازتابی از این گوناگونی محیطی و ژنتیکی در نظر گرفت (Alli *et al*., 2017).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که بین جمعیت‌های مختلف گیاه پنج انگشت تفاوت معنی‌داری از نظر درصد اسانس وجود دارد. در میان مناطق بررسی‌شده، بیشترین بازده اسانس (۰/۵۹٪) مربوط به جمعیت‌های دزفول، دشت موک، تنگ پیرزال و سیمره بود. این مناطق با داشتن بیشترین میزان بازده و غلظت بالاتر ترکیبات اصلی، از اهمیت ویژه‌ای در زمینه

بهره‌برداری دارویی و حفظ ذخایر ژنتیکی این گونه دارویی برخوردارند. از لحاظ تعداد و درصد اجزای تشکیل دهنده تنوع قابل‌توجهی در جمعیت‌های جمع‌آوری شده مشاهده شد. در مجموع، ۷۵ ترکیب مختلف در اسانس‌های بررسی شده شناسایی شد که در مجموع بین ۸۹/۷ تا ۱۰۰ درصد از ترکیب کل اسانس‌ها را تشکیل می‌دهند. نتایج تجزیه خوشه‌ای و تجزیه بای‌پلات گیاه پنج‌انگشت براساس کمیت و کیفیت اسانس، رویشگاه‌های این گیاه را از نظر میزان و ترکیبات اسانس به پنج گروه اصلی تقسیم نمود. این تنوع می‌تواند ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی بین جمعیت‌ها و عوامل بوم‌شناختی و محیطی مانند شرایط اقلیمی، نوع خاک و ارتفاع محل رویش باشد. در تمام مناطق مورد مطالعه، دو ترکیب آلفا پینن (۱۱/۲ تا ۲۸/۶٪) و لیمونن (۴/۶ تا ۱۷/۶٪) به‌عنوان ترکیبات غالب اسانس شناسایی شدند که هر دو دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی و کاربردی در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی و بهداشتی هستند. نتایج این پژوهش همچنین نشان می‌دهد که برخی ترکیبات خاص، فقط در یک یا چند منطقه خاص مشاهده شده‌اند که نشان‌دهنده تأثیر مستقیم شرایط جغرافیایی و محیطی روی ترکیب شیمیایی اسانس گیاه است. بنابراین، اسانس بذر می‌تواند به‌عنوان یک منبع طبیعی غنی از آلفا پینن و لیمونن مورد توجه صنایع مختلف به‌ویژه داروسازی، آرایشی و بهداشتی و غذایی قرار گیرد. با توجه به اهمیت این ترکیبات و تفاوت‌های مشاهده شده میان جمعیت‌های مختلف، انجام مطالعات جامع‌تر و گسترده‌تر به‌منظور شناسایی دقیق‌تر فاکتورهای مؤثر بر کمیت و کیفیت اسانس این گونه ارزشمند، ضروری به نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از مسئولان محترم دانشگاه شهید چمران اهواز به دلیل حمایت مادی از پژوهشی در قالب گرنت شماره SCU.AH1404.775 تشکر و قدردانی می‌نمایند.

References

- Abbas azimi, R., Jamzad, Z., Sefidkon, F. and Bakhshi-Khaniki, Gh., 2008. The potencial value of phytochemical and micromorphological characters in taxonomic treatment of genus *Vitex* L. The Iranian Journal of Botany, 12(1): 15-35. (In Persian. https://doi.org/20.1001.1.1029788.1385.12.1.2.3
- Adams, R.P., 2017. Identification of essential oil components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. (Ed. 4.1). Allured Publishing Corporation, Carol Stream, USA, 804p. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20083116584
- Akhlaghi, H., 2017. Chemical composition of the essential oil, total phenolic contents and antioxidant activity of *Vitex pseudo-negundo* seeds collected from northeastern Iran. Trends in Phytochemical Research, 1(1): 27-32. https://journals.iau.ir/article_530401.html
- Aali, E., Mahmoudi, R., Kazeminia, M., Hazrati, R. and Azarpey, F., 2017. Essential oils as natural medicinal substances: review article. Tehran University Medical Journal, 75(7): 480-489. https://tumj.tums.ac.ir/browse.php?a_id=8333&slc_lang=en&sid=1&printcase=1&hbnr=1&hmb=1
- Arianfar, A., Mehraban Sang Atash, M. and Salhe Abadi, S., 2017. Identification of chemical constituents of essential oil from aerial parts of *Florida rubia*. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences, 9(1): 15-26. https://doi.org/10.18869/acadpub.jnkums.9.1.15
- Arvin, P. and Firouzeh, R., 2023. Study of phenolic and flavonoid compounds and essential oil content of medicinal plant of *Proveskia abrotanoides* Karel in three natural habitats of Raz and Jargalan County. Journal of Plant Process and Function, 11(47): 69-82. https://doi.org/20.1001.1.23222727.1401.11.47.20.9
- Bamoniri, A., Monfared, A., Batoli, H. and Amini, M., 2015. Investigation of the essential oil components of the flower and seed of *Vitex pseudo-negundo* from the Kashan region. The First International and the Fourth Conference of Medical Herbs and Stable Agriculture. Hamedan, 16 December: 36-40. (In Persian) https://civilica.com/doc/453676/
- Bigdeloo, M., Hadian, J. and Nazeri, V., 2017. Composition of essential oil compounds from different populations of *Thymus caramanicus* Jalas. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 7: 95-98. https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.06.005
- Boveiri Dehsheikh, A., Mahmoodi Sourestani, M., Boveiri Dehsheikh, P., Vitalini, S., Iriti, M. and Mottaghipisheh, J., 2019. A comparative study of essential oil constituents and phenolic compounds of Arabian lilac (*Vitex trifolia* var. *purpurea*): An evidence of season effects. Foods, 8(2): 52. https://doi.org/10.3390/foods8020052
- Djouahri, A., Boualem, S., Boudarene, L. and

Baaliouamer, A., 2015. Geographic's variation impact on chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils from wood and leaves of *Tetraclinis articulata* (Vahl.) Masters. Industrial Crops and Products, 63: 138-146. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.10.018

- Ghannadi, A., Bagherinejad, M.R., Abedi, D., Jalali, M., Absalan, B. and Sadeghi, N., 2012. Antibacterial activity and composition of essential oils from *Pelargonium graveolens* L. and *Vitex agnus-castus* L. Iranian Journal of Jicrobiology, 4(4): 171. https://ijm.tums.ac.ir/index.php/ijm/article/view/681
- Govil, J.N. and Singh, V.K., 2010. Recent Progress in Medicinal Plants. Studium Press, Texas, 353p. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2006.04.004
- HadjMohammadi, M.R., Afif, A.A. and Rezaee, M.B., 2006. Chemical composition of leaf, flower and fruit oil of *Vitex pseudo-negundo* (Hausskn.) Hand.-Mzt. from Iran. Journal of Essential Oil Research, 18(3): 308-309. https://doi.org/10.1080/10412905.2006.9699098
- Haghighi, T.M., Saharkhiz, M.J., Khosravi, A.R., Fard, F.R. and Moein, M., 2017. Essential oil content and composition of *Vitex pseudo-negundo* in Iran varies with ecotype and plant organ. Industrial Crops and Products, 109: 53-59. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.007
- Hejaz, H., Sabbobeh, R., Al-Jaas, H., Jahajha, A. and Abu-Lafi, S., 2015. Essential oil secondary metabolites variation of *Salvia palaestina* leaves growing wild from different locations in Palestine. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 5(11): 084-089. https://doi.org/10.7324/JAPS.2015.501114
- Kamal, N., Mio Asni, N.S., Rozlan, I.N.A., Mohd Azmi, M.A.H., Mazlan, N.W., Mediani, A. and Edrada-Ebel, R.A., 2022. Traditional medicinal uses, phytochemistry, biological properties, and health applications of *Vitex* sp. Plants, 11(15): 1944. https://doi.org/10.3390/plants11151944
- Mahmoodi, A. and Gholamipourfard, K., 2024. Phytochemical investigation of the essential oil of *Vitex pseudo-negundo* (Hausskn.) grown in natural habitats by chromatography. Desert Ecosystem Engineering, 12(39): 61-74. https://doi.org/10.22052/deej.2024.253422.1017
- Meena, A.K., Niranjan, U.S., Rao, M.M., Padhi, M.M. and Babu, R., 2011. A review of the important chemical constituents and medicinal uses of *Vitex genus*. Asian Journal of Traditional Medicines, 6(2): 54-60. https://www.researchgate.net/publication/268347916_
- Niroumand, M.C., Heydarpour, F. and Farzaei, M.H., 2018. Pharmacological and therapeutic effects of *Vitex agnus-castus* L.: A review. Pharmacognosy Reviews,12(23). https://doi.org/10.4103/phrev.phrev_22_17
- Omidbeigi, R., 1995. Approaches to the Production and Processing of Medicinal Plants. Fekr-e-Rooz Publications, Tehran, 283p. (In Persian) https://noorlib.ir/book/info/106645
- Padalia, R.C., Verma, R.S., Chauhan, A., Chanotiya, C.S. and Thul, S., 2016. Phytochemical diversity in essential oil of *Vitex negundo* L. populations from India. Records of Natural Products, 10(4): 452-464. https://www.acgpubs.org/article/records-of-natural-products/2016/4-july-august/phytochemical-diversity-in-essential-oil-of-vitexnegundo-l-populations-from-india
- Rahmati-Joneidabad, M. and Alizadeh behbahani, B., 2021. Evaluation of chemical activity and antifungal effect of *Vitex agnus-castus* essential oil on *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* causing orange rot. Iranian Journal of Food Science and Technology, 18(114): 73-82. https://doi.org/10.52547/fsct.18.114.82
- Safaei-Ghomi, J. and Meshkatalsadat, M.H., 2010. Nano scale injection for the determination of volatile organic components of *Vitex pseudo-negundo* using various extraction techniques. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, 5(1):207-213. https://www.researchgate.net/publication/265887940_
- Salehpour, Z., Jahantab, E., Morshedloo, M.R., Iraji, A. and Mohamadi, J., 2018. Essential oil composition of aerial parts of *Vitex pseudo-negundo* populations collected from southwest of Iran. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 21(2): 570-576. https://doi.org/10.1080/0972060X.2018.1438928
- Verma, R.S., Padalia, R.C., Chauhan, A. and Thul, S.T., 2013. Phytochemical analysis of the leaf volatile oil of walnut tree (*Juglans regia* L.) from western Himalaya. Industrial Crops and Products, 42: 195-201. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.05.032
- Zaki, F.L.M. and Salleh, W.M.N.H.W., 2020. Essential oils and biological activities of the genus *Vitex* (Lamiaceae)- A review. Natural Volatiles and Essential Oils, *7*(2): 1-9. https://doi.org/10.37929/nveo.743784
- Zareshahrabadi, Z., Saharkhiz, M.J., Izadpanah, M., Iraji, A., Emaminia, M., Motealeh, M. and Zomorodian, K., 2023. Chemical composition and antifungal and antibiofilm effects of *Vitex pseudo-negundo* essential oil against pathogenic fungal strains. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 1: 3423440. https://doi.org/10.1155/2023/3423440
- Zheng, C.J., Pu, J., Zhang, H., Han, T., Rahman, K. and Qin, L.P., 2012. Sesquiterpenoids and norterpenoids from *Vitex negundo*. Fitoterapia, 83(1): 49-54. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2011.09.012